

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR JEMBATAN WAY MAGNAY DI
RUAS JALAN KRUI-BIHA KABUPATEN PESISIR BARAT**

(Skripsi)

Oleh:

Susanto

(1815011062)



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR JEMBATAN WAY MAGNAY DI RUAS JALAN KRUI-BIHA KABUPATEN PESISIR BARAT

Oleh

SUSANTO

Jembatan Way Magnay merupakan jembatan beton bertulang bentang 2 x 25 m sebagai penghubung antara Krui–Biha Kabupaten Pesisir Barat. Jembatan way magnay memiliki lebar 6,42 m dengan lebar jalur lalu lintas 4,5 m. Dasar pembebanan yang digunakan dalam perencanaan ulang jembatan ini adalah SNI 1725-2016 dan beban gempa menggunakan peraturan SNI 2833-2016. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh penulangan pelat lantai kendaraan menggunakan tulangan lentur D16 – 75 mm sedangkan tulangan bagi dipakai D10 – 295 mm. Gelagar melintang diperoleh tulangan pokok 4D25 dan tulangan geser Ø10 -350 mm. Gelagar memanjang diperoleh tulangan lentur 20D34, tulangan tekan 8D32, tulangan geser Ø22 – 150 mm dan tulang susut 4D29. untuk pile cap abutmen diperoleh tulangan lentur arah x D25 – 130 mm, tulangan lentur arah y D25 – 150 mm, tulangan geser arah x Ø19 – 130 mm dan tulangan susut D22 – 150 mm, Rim diperoleh tulangan lentur D32 – 80 mm dan tulangan susut D25 – 90 mm, Back wall diperoleh tulangan lentur D22 – 200 mm dan tulangan susut D22 – 85 mm, sedangkan untuk pondasi tiang pancang diperoleh tulangan pokok 4D13 dan tulangan geser spiral Ø12 – 50 mm dengan jumlah 10 tiang.

Kata kunci : Perencanaan ulang jembatan, jembatan beton bertulang, Way Magnay

ABSTRAK

PERENCANAAN ULANG STRUKTUR JEMBATAN WAY MAGNAY DI RUAS JALAN KRUI-BIHA KABUPATEN PESISIR BARAT

Oleh

SUSANTO

Way Magnay Bridge is a reinforced concrete bridge span 2 x 25 m as liaison between Krui – Biha Regency West Coast . Way magnay bridge have width 6.42 m with traffic lane width 4.5 m. Base the load used in redesign of this bridge is SNI 1725-2016 and load earthquake use SNI regulations 2833-2016. Based on calculations that have been done , obtained reinforcement plate floor vehicle use flexural reinforcement D16 – 75 mm whereas reinforcement for used D10 – 295 mm. Girder transverse obtained main reinforcement 4D25 and reinforcement shear $\emptyset 10$ -350 mm. Girder elongated obtained flexural reinforcement 20D34, reinforcement press 8D32, shear reinforcement $\emptyset 22$ – 150 mm and shrink reinforcement 4D29. for pile cap abutments obtained flexural reinforcement direction x D25 – 130 mm, flexural reinforcement y direction D25 – 150 mm, shear reinforcement direction x $\emptyset 19$ – 130 mm and shrink reinforcement D22 – 150 mm, Rim obtained flexural reinforcement D32 – 80 mm and shrink reinforcement D25 – 90 mm, Back wall obtained flexural reinforcement D22 – 200 mm and shrink reinforcement D22 – 85 mm, meanwhile for Foundation pole stake obtained main reinforcement 4D13 and shear spiral reinforcement $\emptyset 12$ – 50 mm with total 10 piles

Keywords : Redesign bridge , Reinforced concrete bridge , Way Magnay

**PERENCANAAN ULANG STRUKTUR JEMBATAN WAY MAGNAY DI
RUAS JALAN KRUI-BIHA KABUPATEN PESISIR BARAT**

Oleh
SUSANTO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK**

Pada

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



**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

**Judul Skripsi : PERENCANAAN ULANG STRUKTUR
JEMBRAN WAY MAGNAY DI RUAS
JALAN KRUI-BIHA KABUPATEN
PESISIR BARAT**

Nama Mahasiswa : Susanto

Nomor Pokok Mahasiswa : 1815011062

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.
NIP 19721026 200003 1 001

Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.
NIP 19740530 200012 2 001

2. Ketua Program Studi S1 Teknik Sipil

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

3. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Ir. Laksmi Irianti, M.T.
NIP 19620408 198903 2 001

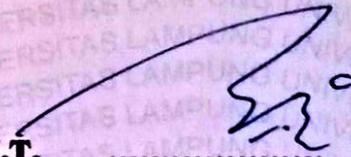
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T.



Sekretaris : Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Bayzoni, S.T., M.T.**



2. Dekan Fakultas Teknik



Dr. Eng. Ir. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc. /
NIP 19750928 200112 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 20 Februari 2023

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan orang lain, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang dituliskan atau diterbitkan orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka. Selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila terdapat pernyataan yang tidak sesuai, maka saya siap dikenakan sanksi sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Maret 2023



Susanto

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Purnajaya, 22 Juni 2000. Merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Wardiono dan Ibu Sri Lestari. Jenjang akademis penulis dimulai dari Taman Kanak kanak Dharma Wanita pada tahun 2005, melanjutkan sekolah dasar di SD N 3 Raja Marga Kencana pada tahun 2006. Pada 2012 melanjutkan ke jenjang sekolah menengah pertama di SMP N 1 Tulang Bawang Udik. Pada tahun 2015 melanjutkan ke jenjang sekolah menengah atas di SMA N 1 Tumijajar dan lulus pada tahun 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan pendidikan sebagai mahasiswa S1 Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung. Penulis menjadi anggota dari Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai anggota Bidang Kerohanian dan Keolahragaan (K2) pada periode tahun 2019/2020 hingga periode tahun 2020/2021. Selama perkuliahan penulis pernah menjadi Koordinator Asisten Praktikum mata kuliah Hidrolika dan Mekanika Fluida pada periode tahun 2020/2021. Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata di Desa Marga Kencana, Kecamatan Tulang Bawang Udik, Kabupaten Tulang Bawang Barat selama 40 hari pada program KKN Mandiri Putra Daerah. Selama perkuliahan penulis telah melakukan Kerja Praktik pada Proyek Pembanguna Sistem Penyediaan Air Minum (SPAM) Kota Bandar Lampung yang merupakan salah satu program strategis nasional selama 3 bulan. Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Perencanaan Ulang Struktur Jembatan Way Magnay di Ruas Jalan Krui-Biha Kabupaten Pesisir Barat.

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirabbilamin dengan ridho Allah SWT akhirnya saya dapat menyelesaikan sebuah karya yang semoga menjadikan saya insan yang berguna dan bermanfaat bagi banyak orang.

Untuk kedua orang tua saya yang sangat saya sayangi serta adik-adik saya yang selama ini telah menjadi pemacu semangat saya dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Untuk para dosen yang tak pernah hentinya memberikan ilmu pengetahuan, arahan dan bimbingannya.

Untuk para teman dan sahabat yang selama ini telah mendukung dan menjadi tempat berbagi keluh kesah dan solusi.

MOTO HIDUP

Sebaik-baiknya manusia adalah yang paling bermanfaat bagi orang lain (HR.
Ahmad, Thabrani, Daruqutni).

Ketika kamu merasa ingin menyerah, ingat mengapa kamu bertahan begitu
lama sejak awal
(Paulo Coelho)

Latihan membuat sempurna, setelah proses yang panjang semua akan
menjadi natural, mahir, cepat, dan stabil.
(Bruce Lee)

SANWACANA

Puji syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan karunia dan anugerah-Nya sehingga skripsi berjudul **“Perencanaan Ulang Struktur Jembatan Way Magnay di Ruas Jalan Krui-Biha Kabupaten Pesisir Barat”** ini dapat diselesaikan tepat pada waktu.

Pada penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan petunjuk, kekuatan, kesabaran, dan pertolongan yang tiada henti, serta senantiasa memberikan berkah ilmu kepada hamba-Nya.
2. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan doa, bimbingan, kepercayaan, dan semangat baik moral maupun materi dalam menyelesaikan laporan ini.
3. Bapak Dr. Eng. Helmy Fitriawan, S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
4. Ibu Ir. Laksmi Irianti, M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.
5. Bapak Muhammad Karami, S. T., M. Sc., Ph. D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Lampung.
6. Bapak Dr. Eng. Mohd. Isneini, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing utama atas waktu yang telah diberikan untuk memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses penyusunan skripsi ini.
7. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing kedua atas waktu yang telah diberikan untuk memberikan bimbingan, arahan, ide-ide, dan saran serta kritik dalam proses penyusunan skripsi ini.
8. Bapak Bayzoni, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran dan arahan kepada penulis guna penyempurnaan skripsi ini.

9. Virda Kurniawati yang selalu memberikan semangat kepada penulis dalam penyusunan skripsi ini.
10. Ajib Dimas Fambudi, Bagus Jihandi dan Yosafat Dimas Adventama yang selalu membantu dan menemani penulis dalam penyusunan skripsi ini.
11. Teman-teman seperjuangan yang selalu memberikan semangat dan solusi serta seluruh rekan mahasiswa Teknik Sipil angkatan 2018 yang tidak mungkin disebutkan satu per satu.

Penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi berbagai pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung, 2023
Penulis

SUSANTO

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	i
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.5 Ruang Lingkup Pekerjaan	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Jembatan	5
2.2 Klasifikasi Jembatan.....	6
2.3 Desain ASD (<i>Allowable Stress Design</i>)	14
2.4 Pembebanan Struktur Dengan <i>Bridge Management System</i>	14
2.5 Kriteria Pembebanan	15
2.6 Aksi Lingkungan	33
2.7 Aksi-Aksi Lainnya.....	38
2.8 Spesifikasi Struktur Jembatan	39
2.9 Beton Bertulang.....	41
2.10 Kontrol Lendutan.....	42
2.11 Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Bawah	43
2.12 Dasar Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	45
III. METODOLOGI PENELITIAN	49
3.1 Lokasi Penelitian	49
3.2 Data–data perencanaan	49
3.3 Tahapan Penelitian	51

3.4 Tahapan Analisis Jembatan	52
3.5 Bagan Alir	55
IV. PEMBAHASAN.....	56
4.1 Perencanaan Struktur Atas Jembatan	56
4.1.1 Tiang Sandaran.....	56
4.1.2 Lantai Trotoar	62
4.1.3 Pelat Lantai Kendaraan	67
4.1.4 Perencanaan Gelagar Melintang.....	79
4.1.5 Perencanaan Gelagar Memanjang	87
4.2 Pemeriksaan Struktur Atas Jembatan Menggunakan SAP2000.....	107
4.3 Perencanaan Struktur Bawah Jembatan.....	109
4.3.1 Perhitungan Beban-Beban Pada Abutmen	109
4.3.2 Stabilitas Abutmen Terhadap Momen Guling.....	128
4.3.3 Stabilitas Abutmen Terhadap Geser.....	131
4.3.4 Stabilitas Abutmen Terhadap Amblas.....	132
4.3.5 Perhitungan Pembesian <i>Pile Cap</i>	133
4.3.6 Perhitungan Pembebanan <i>Rib</i>	142
4.3.7 Perhitungan Pembebsian <i>Rib</i>	150
4.3.8 Perhitungan Pembebanan <i>Back Wall</i> dan <i>Corbel</i>	154
4.3.9 Perhitungan Pembesian <i>Back Wall</i> dan <i>Corbel</i>	159
4.3.10 Perencanaan Pondasi Tiang Pancang	167
4.4 Perencanaan Pilar Jembatan	177
4.4.1 Pembebanan Pada Pilar Jembatan	177
4.4.2 Pembesian Pada <i>Pile Cap</i> Pilar Jembatan	185
4.4.3 Pembebanan Pada Kolom Pilar Jembatan	194
4.4.4 Perhitungan Pembesian Kolom Pilar.....	198
4.4.5 Pembebanan Pada <i>Pier Head</i>	203
4.4.6 Perhitungan Pembebsian <i>Pier Head</i>	205
4.5 Perbedaan Detail Penulangan Struktur Jembatan.....	210

V. PENUTUP	219
5.1 Kesimpulan.....	219
5.2 Saran.....	220

DAFTAR PUSTAKA**LAMPIRAN**

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Berat Isi Untuk Beban Mati (PPPJJR 1987)	16
2. Berat Isi Untuk Beban Mati (SNI 1725-2016)	17
3. Faktor Beban Untuk Berat Sendiri	17
4. Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan.....	18
5. Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah.....	19
6. Faktor Beban Akibat Pengaruh Pelaksanaan	20
7. Jumlah Lajur Lalu Lintas (PPPJJR 1987)	21
8. Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (SNI 1725-2016)	21
9. Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”	24
10. Faktor Beban Untuk Beban “T”	28
11. Faktor Kepadatan Lajur (m)	29
12. Faktor Beban Akibat Penurunan	33
13. Faktor Akibat Susut dan Rangkak	34
14. Nilai V_0 dan Z_0 Untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu.....	36
15. Tekanan Angin Dasar	36
16. Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan	37
17. Faktor Beban Akibat Gesekan pada Perletakan.....	39
18. Perhitungan Momen Akibat Beban Mati Terhadap Titik P	57
19. Perhitungan Momen Akibat Beban Hidup Terhadap Titik P.....	58
20. Perhitungan Momen Akibat Beban Mati terhadap titik Q.....	64
21. Rekapitulasi Nilai Momen Pelat Lantai	72
22. Perhitungan Berat Sendiri Diafragma	80
23. Perhitungan Berat Mati Tambahan Diafragma	81
24. Kombinasi Beban Ultimit	82
25. Perhitungan Berat Sendiri Gelagar Memanjang	88
26. Perhitungan Berat Sendiri Gelagar Memanjang	89

27. Perhitungan Titik Berat Girder	91
28. Temperature jembatan rata-rata nominal	93
29. Nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu	95
30. Perhitungan Gaya Tekan Pada Gelagar	96
31. Perhitungan Beban Gempa Vertikal	98
32. Kombinasi Pembebanan Kuat 1	99
33. Kombinasi Pembebanan Kuat 2	99
34. Kombinasi Pembebanan Kuat 3	99
35. Kombinasi Pembebanan Kuat 4	100
36. Kombinasi Pembebanan Kuat 5	100
37. Kombinasi Pembebanan Ekstrim 1	100
38. Perhitungan Berat Sendiri Struktur Atas	110
39. Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah (Abutmen)	110
40. Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah (Tanah Urug)	110
41. Perhitungan Berat Mati Tambahan	111
42. Perhitungan Respon Spektrum	115
43. Rekapitulasi Beban-Beban Yang Bekerja Pada Abutmen	123
44. Kombinasi Pembebanan Ekstrim 1	124
45. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 1	124
46. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 2	124
47. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 3	125
48. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 4	125
49. Rekapitulasi Gaya dan Momen Untuk Stabilitas	125
50. Kombinasi Pembebanan Ekstrim 1	126
51. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 1	126
52. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 2	126
53. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 3	127
54. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 4	127
55. Rekapitulasi Gaya dan Momen Untuk Perencanaan Pondasi	127
56. Akibat Berat Sendiri Abutmen	128
57. Akibat Berat Tanah dibelakang Abutmen	128
58. Kombinasi Pembebanan Ekstrim 1	129

59. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 1	129
60. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 2	129
61. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 3	129
62. Kombinasi Pembebanan Daya Layan 4	130
63. Stabilitas Guling pada Abutmen	130
64. Stabilitas Geser pada Abutmen	131
65. Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah	143
66. Rekapitulasi beban-beban yang bekerja pada <i>Rib</i>	145
67. Kombinasi Pembebanan Ekstrim 1	150
68. Perhitungan Berat Sendiri <i>Back Wall</i>	155
69. Kombinasi Pembebanan Pada <i>Back Wall</i>	158
70. Perhitungan Berat Sendiri <i>Corbel</i>	158
71. Kombinasi Pembebanan Pada <i>Corbel</i>	159
72. Perhitungan Berat Struktur Bawah Pilar	178
73. Perhitungan Momen dan Gaya	182
74. Perhitungan Momen Dan Gaya Geser	184
75. Rekapitulasi Beban-Beban Yang Bekerja Pada Pilar	184
76. Kombinasi Pembebanan Pada Pilar	184
77. Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah	195
78. Rekapitulasi Beban-Beban Yang Bekerja	197
79. Kombinasi Pembebanan Pada Kolom Pilar	198
80. Perhitungan Berat Sendiri Struktur Bawah	204
81. Kombinasi Pembebanan Pada <i>Pier Head</i>	205

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jembatan kayu	7
2. Jembatan balok beton	8
3. Jembatan balok beton prategang	8
4. Jembatan rangka baja	9
5. Jembatan komposit.....	9
6. Jembatan gelagar	10
7. Jembatan rangka.....	11
8. Jembatan pelengkung	11
9. Jembatan gantung.....	12
10. Jembatan kabel.....	12
11. Jembatan pelengkung.....	13
12. Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan jalan raya	22
13. Ketentuan penggunaan beban “D” pada jembatan jalan raya.....	23
14. Beban Lajur “D”	25
15. Alternatif Penempatan Beban “D” Dalam Arah Memanjang	26
16. Ketentuan beban “T” yang terjadi pada jembatan jalan raya.....	27
17. Beban Truk “T”	28
18. Faktor Beban Dinamis Untuk Beban T pada Pembebanan lajur “D”	32
19. Baris Kelompok Tiang.....	48
20. Lokasi Penelitian.....	49
21. Tampak atas jembatan	52
22. Tampak atas jembatan pada SAP2000 V.14.....	54
23. Tampak 3D jembatan.....	54
24. Bagan alir perencanaan jembatan	55
25. Tiang sandaran	56

26. Detail penulangan tiang sandaran	62
27. Lantai trotoar.....	63
28. Detail penulangan trotoar.....	67
29. Pelat lantai jembatan	67
30. Pembebanan dan hasil perhitungan Momen SAP2000 pada Beban Mati Sendiri.....	68
31. Pembebanan dan hasil perhitungan momen SAP2000 pada Beban Mati Tambahannya.....	69
32. Pembebanan dan hasil perhitungan momen SAP2000 pada Beban Pejalan Kaki.....	70
33. Pembebanan dan hasil perhitungan momen SAP2000 pada Kondisi 1	71
34. Pembebanan dan hasil perhitungan momen SAP2000 pada Kondisi 2	71
35. Pembebanan dan hasil perhitungan momen SAP2000 pada Kondisi 3	71
36. Penulangan pelat lantai jembatan	77
37. Tampak melintang diafragma	79
38. Tampak samping diafragma.....	82
39. Detail penulangan diafragma memanjang	86
40. Pot I – I penulangan diafragma.....	87
41. Pembagian luasan gelagar.....	88
42. Analisis gaya dalam berat sendiri	89
43. Analisis gaya dalam berat mati tambahan	89
44. Beban lajur “D”	90
45. Analisis gaya dalam beban lalu lintas.....	90
46. Analisis gaya dalam beban rem	92
47. Pemodelan analisis gaya dalam beban gesek tumpuan.....	93
48. Tampak melintang jembatan.....	94
49. Pengaruh angin pada struktur jembatan.....	96
50. Analisis gaya dalam beban angin pada kendaraan.....	98
51. Detail penulangan gelagar memanjang	106
52. Pot. I-I	107
53. Pemodelan struktur atas jembatan	107
54. Reaksi jembatan terhadap beban.....	108

55. Pemeriksaan elemen struktur jembatan	108
56. Abutmen Jembatan	109
57. Beban Rem pada abutmen	112
58. Beban gesekan perletakan pada abutmen	112
59. Beban angin struktur (E_{ws}).....	113
60. Respon spektrum desain	114
61. Kurva respon spektrum	116
62. Tekanan hidrostatis pada abutmen.....	119
63. Tekanan tanah aktif pada abutmen	120
64. Tekanan tanah dinamis	122
65. Stabilitas guling	128
66. Stabilitas abutmen terhadap amblas.....	132
67. Penampang <i>Pile Cap</i>	133
68. Detail penulangan <i>pile cap</i>	142
69. Dimensi <i>Rib</i>	142
70. Beban rem pada <i>Rib</i>	143
71. Beban gesekan perletakan pada <i>Rib</i>	144
72. Beban angin struktur pada <i>Rib</i>	145
73. Tekanan tanah aktif pada <i>Rib</i>	147
74. Detail penulangan <i>Rib</i>	154
75. Potongan <i>back wall</i> dan <i>corbel</i>	154
76. Tekanan tanah aktif pada <i>back wall</i>	155
77. Beban rem pada <i>back wall</i>	157
78. Potongan B <i>corbel</i>	158
79. Pembesian pada abutmen	166
80. Gaya angkat pada kondisi 1	167
81. Gaya angkat pada kondisi 2	168
82. Penampang tiang pancang	171
83. Detail penulangan tiang pancang.....	172
84. Jarak antar tiang pancang.....	175
85. Gaya eksentrisitas tiang pancang.....	176
86. Pilar jembatan	177

87. Luas bidang pilar yang terkena air.....	182
88. Detail penulangan <i>pile cap</i> pilar	194
89. Dimensi kolom pilar	194
90. Penulangan pada kolom pilar.....	203
91. Dimensi <i>pier head</i> pilar	204
92. Detail penulangan pada <i>pier head</i>	209
93. Pelat lantai kendaraan (SNI 1725-2016).....	210
94. Pelat lantai kendaraan (PPPJJR 1987).....	210
95. Penulangan gelagar melintang (SNI 1725-2016).....	211
96. Penulangan gelagar melintang (PPPJJR 1987).....	212
97. Penulangan gelagar memanjang (SNI 1725-2016).....	212
98. Penulangan gelagar memanjang (PPPJJR 1987)	213
99. Penulangan abutmen (SNI 1725-2016).....	213
100. Penulangan abutmen (PPPJJR 1987).....	214
101. Penulangan pilar (SNI 1725-2016).....	215
102. Penulangan pilar (PPPJJR 1987)	215
103. Penulangan tiang pancang (SNI 1725-2016).....	217
104. Penulangan tiang pancang (PPPJJR 1987)	217

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari kondisi topografi yang beragam dan jumlah penduduk terpadat keempat didunia. Hal ini juga turut menuntut perekonomian Indonesia agar tetap bisa selalu memenuhi kebutuhan dan permintaan masyarakat. Dengan demikian kebutuhan Indonesia akan infrastruktur juga kian meningkat. Salah satunya dengan membangun sarana dan prasarana transportasi yang memadai agar dapat menunjang mobilitas warga.

Salah satu wilayah dengan kondisi topografi yang beragam yaitu wilayah Pesisir Barat yang memiliki banyak aliran sungai, dengan demikian dibutuhkan pembangunan jembatan sebagai salah satu alternatif penyeberangan agar dapat menghubungkan wilayah-wilayah yang ada.

Mengingat pentingnya sarana transportasi maka perlu adanya peningkatan sarana penghubung lalu lintas salah satunya berupa jembatan yang layak. Maka dari itu pada tahun 1985 dibangun jembatan Way Magnay yaitu jembatan beton bertulang bentang 2 x 25 m sebagai penghubung antara Krui-Biha Kabupaten Pesisir Barat.

Seiring dengan bertambahnya waktu dan meningkatnya kepadatan penduduk maka Peraturan Pembebanan untuk Jembatan telah mengalami beberapa kali perubahan demi keamanan dan kelayakan jembatan karena jumlah pemakai jembatan yang semakin meningkat, sehingga berpengaruh pada kekuatan struktur jembatan Way Magnay akibat peningkatan beban yang diderita jembatan.

Pada perhitungan sebelumnya Jembatan Way Magnay telah direncanakan menggunakan Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan Jalan Raya tahun 1987 atau PPPJRR 1987 (Isneini, 1994). Untuk saat ini Peraturan Pembebanan untuk Jembatan menggunakan SNI 1725-2016 demi keamanan dan kelayakan jembatan.

Melalui tugas akhir ini penulis mencoba untuk merencanakan ulang konstruksi jembatan Way Magnay penghubung Krui–Biha Kabupaten Pesisir Barat menggunakan peraturan Pembebanan Jembatan yang terbaru, sehingga dapat mengevaluasi perhitungan struktur jembatan sebelumnya.

1.2 Identifikasi masalah

Adapun identifikasi masalah dalam tugas akhir ini adalah :

1. Perhitungan pembebanan untuk jembatan menggunakan peraturan terbaru
2. Perhitungan tebal pelat yang mampu menahan laju peningkatan lalu lintas pada jembatan Way Magnay
3. Perhitungan dimensi gelagar beton bertulang
4. Perhitungan dimensi abutmen yang sesuai dengan kondisi jembatan Way Magnay
5. Perhitungan dimensi pilar yang sesuai dengan kondisi jembatan Way Magnay
6. Kondisi pondasi yang ada disesuaikan dengan data sondir pada lokasi jembatan Way Magnay.

1.3 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang ada, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana menentukan jenis pembebanan yang akan digunakan dalam desain?
2. Bagaimana menentukan tebal pelat dan penulangan lantai kendaraan?

3. Bagaimana menentukan dimensi gelagar beton bertulang pada jembatan?
4. Bagaimana menentukan dimensi abutmen yang sesuai dengan kondisi jembatan?
5. Bagaimana menentukan dimensi pilar yang sesuai dengan kondisi jembatan?
6. Bagaimana menentukan dimensi pondasi yang sesuai dengan kondisi jembatan?

1.4 Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang diharapkan dari penelitian ini adalah :

1. Untuk memperoleh hasil perbandingan antara perhitungan penulis menggunakan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan dengan perhitungan sebelumnya yang menggunakan PPPJR 1987.
2. Dapat memberikan solusi apabila terdapat hasil perhitungan yang tidak sesuai dengan peraturan Perencanaan Jembatan yang terbaru sehingga jembatan aman dan layak untuk digunakan.
3. Dapat mengevaluasi perhitungan sebelumnya menggunakan peraturan terbaru mengenai :
 - a. Besarnya pembebanan pada jembatan.
 - b. Tebal pelat dan penulangan lantai kendaraan.
 - c. Dimensi gelagar beton bertulang pada jembatan.
 - d. Dimensi abutmen yang sesuai dengan kondisi jembatan.
 - e. Dimensi pilar yang sesuai dengan kondisi jembatan.
 - f. Dimensi pondasi yang sesuai dengan kondisi jembatan.

Manfaat penulisan tugas akhir ini adalah :

1. Sebagai alternatif perencanaan jembatan Way Magnay
2. Mengembangkan ilmu yang didapat dari bangku kuliah dengan menerapkannya dalam tugas akhir ini.
3. Pembuatan tugas akhir ini merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan program studi Teknik Sipil (S-1) Universitas Lampung

1.5 Ruang Lingkup Pekerjaan

Adapun ruang lingkup pekerjaan dalam perencanaan jembatan beton bertulang ini adalah :

1. Perhitungan konstruksi bangunan atas :
 - a) Tiang sandaran
 - b) Lantai trotoar
 - c) Pelat lantai kendaraan
 - d) Gelagar melintang
 - e) Gelagar memanjang
2. Perhitungan konstruksi bangunan bawah :
 - a) Abutmen
 - b) Pilar
 - c) Pondasi

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jembatan

Jembatan menurut teknik sipil merupakan suatu struktur konstruksi yang menghubungkan suatu rute transportasi yang terpisah oleh rintangan seperti sungai, jalan raya, saluran irigasi dan bahkan menghubungkan antar pulau yang terpisah cukup jauh. Perencanaan jembatan tidak hanya mempertimbangkan aspek struktural dan transportasi saja, tetapi juga meninjau aspek ekonomi dan estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Jembatan adalah suatu bangunan yang memungkinkan suatu jalan menyilang sungai/saluran air, lembah atau menyilang jalan lain yang tidak sama tinggi permukaannya. Dalam perencanaan jembatan sebaiknya mempertimbangkan fungsi kebutuhan transportasi, persyaratan teknis dan estetika-arsitektural yang meliputi : aspek lalu lintas, aspek teknis, aspek estetika (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

Jembatan adalah suatu stuktur yang berfungsi sebagai lintasan untuk memperpendek jarak dengan menyeberangi suatu rintangan tanpa menutup rintangan itu sendiri. Lintasan yang dimaksud disini adalah berupa suatu jalan raya atau jalan rel, pejalan kaki, kanal atau pipa-pipa penyalur. Rintangan yang dimaksud adalah dapat berupa sungai, jalan raya atau lembah. (Dusmara, 2007)

2.1.1 Definisi Jembatan Beton Bertulang

Jembatan adalah suatu konstruksi yang gunanya untuk meneruskan atau menghubungkan jalan melalui suatu rintangan yang lebih rendah, rintangan tersebut biasanya jalan (jalan air atau jalan lalu lintas biasa)

Jembatan beton bertulang adalah bangunan jembatan yang strukturnya menggunakan material beton bertulang khususnya pada bangunan atas (*upper structure*). Dalam hal ini mutu beton menjadi suatu hal yang sangat penting. Mutu beton dipengaruhi oleh antara lain mutu material, mutu alat, mutu perencanaan (*mix design*), mutu proses pengecoran dan mutu pemeliharaan. Apabila dalam pelaksanaan konstruksi suatu jembatan dengan kurang memperhatikan hal-hal yang disebutkan di atas maka konstruksi jembatan tersebut tidak mencapai kualitas yang maksimum.

Jembatan beton bertulang merupakan jembatan yang konstruksinya terbuat dari material utama bersumber dari beton. Jembatan tipe ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari pelat beton yang didukung secara integral dengan gelagar. Penggunaan jembatan ini akan lebih ekonomis pada bentang 40-80 ft (15-25 m) pada kondisi normal (tanpa kesalahan pengerjaan). (Supriyadi dan Muntohar, 2007).

2.2 Klasifikasi Jembatan

Jenis jembatan berdasarkan fungsi, lokasi, bahan, konstruksi dan tipe struktur sekarang ini telah mengalami perkembangan sesuai dengan kemajuan zaman dan teknologi, mulai dari yang sederhana sampai dengan kondisi yang mutakhir. Berikut ini merupakan beberapa klasifikasi jembatan berdasarkan fungsi jembatan, bahan konstruksi, tipe jembatan dan kelas jembatan.

2.2.1 Fungsi Jembatan

Berdasarkan kegunaannya jembatan dapat dibedakan sebagai berikut (Iqbal, 1995)

- Jembatan jalan raya (*highway bridge*)
- Jembatan jalan kereta api (*railway bridge*)
- Jembatan jalan air (*waterway bridge*)
- Jembatan militer (*military bridge*)
- Jembatan pejalan kaki atau penyeberangan (*pedestrian bridge*)

2.2.2 Bahan Konstruksi Jembatan

Berdasarkan bahan konstruksinya, jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam antara lain:

1. Jembatan kayu (*log bridge*)

Jenis jembatan ini bangunan atasnya terbuat dari bahan balok kayu sebagai gelagar jembatan dan papan sebagai struktur lantai kendaraan. Bentuk struktur dari jembatan kayu biasanya berupa jembatan rangka batang kayu dan jembatan gelagar biasa yang biasanya digunakan pada jembatan bentang pendek. Contoh jembatan kayu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Jembatan kayu

2. Jembatan beton (*concrete bridge*)

Jembatan beton merupakan jembatan yang konstruksinya terbuat dari material utama bersumber dari beton seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Jembatan balok beton

3. Jembatan beton prategang (*prestressed concrete bridge*)

Jembatan dengan bahan berkekuatan tinggi merupakan alternatif untuk jembatan panjang. Bahan ini dipergunakan pada struktur jembatan sejak tahun 1950-an. Contoh jembatan beton prategang dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Jembatan balok beton prategang

4. Jembatan baja (*steel bridge*)

Struktur rangka baja dipasang dibagian kiri-kanan yang merupakan gelagar induk, yang menopang gelagar melintang dan gelagar memanjang yang bekerja menahan beban kerja dari lantai kendaraan, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Jembatan rangka baja

5. Jembatan komposit (*composite bridge*)

Jembatan yang memiliki pelat lantai beton dihubungkan dengan girder atau gelagar baja yang bekerja sama mendukung beban sebagai satu kesatuan balok. Contoh jembatan komposit dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Jembatan komposit

2.2.3 Tipe Struktur Jembatan

Berdasarkan tipe strukturnya jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa macam (Supriyadi, 2007), antara lain :

A. Jembatan Pelat (*Pelat Bridge*)

Jembatan dengan bentuk yang paling sederhana dan ekonomis (hanya berupa ruas horizontal yang ditopang dengan tiang vertikal). Jembatan pelat mampu

untuk menahan lentur dan gaya geser serta memiliki momen inersia terbesar untuk berat yang relatif rendah setiap unit panjangnya.

B. Jembatan Pelat Berongga (*Voided Pelat Bridge*)

Jembatan dengan meminimalkan jumlah gelagar dan bagian-bagian fabrikasi, sehingga dapat mengurangi nilai konstruksi. Jarak antara gelagar lebar dan pengaku lateral dibiarkan.

C. Jembatan Gelagar (*Girde Bridge*)

Jembatan yang memiliki gelagar utama dihubungkan secara melintang dengan balok lantai membentuk pilar *bridge* dan akan menyalurkan beban bersama-sama. jembatan tipe ini dibagi menjadi 2 yakni, I-girder dan *box girder*. Contoh jembatan gelagar dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Jembatan gelagar

D. Jembatan Rangka (*Truss Bridge*)

Jembatan yang terdiri dari elemen-elemen berbentuk batang disusun dengan pola dasar menerus dalam struktur segitiga kaku. Elemen-elemen tersebut dihubungkan dengan sambungan pada ujungnya. Setiap bagian menahan beban axial juga tekan tarik. Contoh jembatan rangka dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Jembatan rangka

E. Jembatan Pelengkung (*Arch Bridge*)

Jembatan pelengkung adalah sebuah jembatan dengan kepala jembatan di setiap akhir berbentuk seperti kurva melengkung dengan struktur busur vertikal yang mampu menahan beban tegangan *axial*. Contoh jembatan pelengkung dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Jembatan pelengkung

F. Jembatan Gantung (*Suspension Bridge*)

Jembatan gantung merupakan jembatan dimana gelagar digantung oleh penggantung vertikal atau mendekati vertikal yang kemudian digantung pada kabel penggantung utama yang melewati menara dari tumpuan satu ke tumpuan yang lain. Contoh jembatan gantung dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Jembatan gantung

G. Jembatan Kabel (*Cable Stayed Bridge*)

Jembatan kabel merupakan jembatan dimana gelagar digantung oleh kabel berkekuatan tinggi dari satu menara atau lebih. Desain ini lebih sesuai untuk jembatan jarak panjang. Contoh jembatan kabel dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Jembatan kabel

H. Jembatan Cantilever (*Cantelever Bridge*)

Jembatan menerus yang dibuat dengan penempatan sendi di antara pendukung. Contoh jembatan pelengkung dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Jembatan cantilever

2.2.4 Kelas Jembatan

Pada suatu perencanaan jembatan jalan raya terdapat klarifikasi jalan raya yang ditetapkan dalam standar spesifikasi Bina Marga. Adapun spesifikasi tersebut adalah:

1. Jenis 1
 - a. Kelas I Jalan standar tertinggi untuk melayani lalu lintas kecepatan tinggi antar daerah atau antar kota dengan bebas hambatan.
 - b. Kelas II jalan standar tinggi untuk melayani lalu lintas kecepatan tinggi antar daerah atau dalam kota metropolitan dengan bebas hambatan.
2. Jenis 2
 - a. Kelas I jalan standar tertinggi dengan 4 jalur atau lebih untuk melayani antar kota dan dalam-kota kecepatan tinggi, melalui lalu lintas dengan hambatan sebagian.
 - b. Kelas II Jalan standar tinggi dengan 2 jalur atau lebih untuk melayani antar/dalam-kota (dalam distrik), kecepatan tinggi, terutama melalui lalu lintas dengan/tanpa hambatan sebagian.
 - c. Kelas III Jalan standar menengah dengan 2 jalur atau lebih untuk melayani dalam distrik, kecepatan sedang melalui lalu lintas dengan hambatan.
 - d. Kelas IV Jalan standar rendah dengan satu jalan kendaraan untuk melayani kedaerah pedalaman.

2.3 Desain ASD (*Allowable Stress Design*)

Di Indonesia, dahulu perencanaan jembatan jalan raya menggunakan peraturan PPPJIR 1987, konsep perencanaannya masih mengandalkan desain elastis (ASD). Desain ini sudah lama dipakai baik di Indonesia maupun di luar negeri, filosofi perencanaannya sudah dipakai kurang lebih 120 tahun. Perencanaan struktur bajanya masih menggunakan konsep desain elastis atau desain ASD (*Allowable Stress Design*) atau WSD (*Working Stress Design*) yang menitik beratkan pada beban kerja (*Service Load*) dengan menganggap struktur tetap elastis. Konsep ini mempunyai batasan keamanan struktur berupa tegangan dasar ijin sebesar ($\sigma = \frac{\sigma_y}{SF}$), dan tidak menggunakan faktor beban atau faktor reduksi kekuatan. Akan tetapi pada tahun 1992 mulai dijabaki dengan memakai peraturan yang baru yakni BMS 1992 yang merupakan hasil kerjasama antara DPU-RI dengan Australian *International Development Assistance Bureau*, yang mempunyai konsep desain kekuatan batas (LRFD).

2.4 Pembebanan Struktur Dengan *Bridge Management System*

Merupakan konsep baru dalam desain struktur, konsep desain ini pertama kali diperkenalkan di Amerika pada tahun 1986 dengan terbitnya AISC LRFD. Di Indonesia khususnya untuk desain jembatan, konsep tersebut mulai dipakai tahun 1992 dengan ditandainya kerjasama antara Dinas Pekerjaan Umum dengan *Australian International Development Assistance Bureau* dengan keluarnya Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan atau lebih dikenal dengan nama *Bridge Management System* (BMS 1992).

Menurut para ahli, konsep ini lebih rasional karena antara lain menggunakan angka keamanan (faktor beban) yang berbeda untuk setiap macam beban, dan kekuatan penampang (faktor resistensi/reduksi) yang berbeda untuk setiap kondisi pembebanan. Konsep ini merupakan teori kekuatan batas (*Limit State Design*) yakni perencanaan pada pembebanan sesaat sebelum terjadi keruntuhan dengan batasan mencapai tegangan leleh (σ_y), sedangkan untuk analisis strukturnya dapat

dipakai analisis elastis (jika penampang profil baja tidak kompak) dan analisis plastis (jika penampang profil baja kompak).

Perhitungan didasarkan pada desain faktor resistensi beban dengan asumsi bahwa dalam keadaan apapun struktur harus memiliki kekuatan yang cukup, baik sisi kekuatan maupun ketahanannya sehingga mampu berfungsi dengan baik selama umur rencana. Desain harus menyediakan cadangan diatas yang diperlukan untuk menanggung beban layan, yaitu kemungkinan terjadinya kelebihan beban. Kelebihan beban bisa saja terjadi akibat perubahan fungsi struktur, akibat terlalu rendahnya taksiran atas efek-efek beban karena penyederhanaan berlebihan dalam analisis strukturnya dan akibat variasi-variasi dalam prosedur konstruksinya. Di samping itu harus ada persediaan yang cukup terhadap kemungkinan kekuatan material yang lebih rendah. Penyimpangan dalam dimensi batang walaupun masih dalam batas toleransi yang bisa diterima, dapat mengakibatkan suatu batang memiliki kekuatan yang lebih rendah dari yang telah diperhitungkan sebelumnya.

2.5 Kriteria Pembebanan

Faktor beban merupakan hal terpenting dalam perencanaan jembatan. Diperlukan standar khusus untuk perencanaan pembebanan yang nantinya menjadi dasar dan patokan perencanaan. di Indonesia, standar perencanaan untuk jembatan mengacu pada *bridge management system* tahun 1992 tentang panduan perencanaan jembatan dan SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan. Berdasarkan SNI 1725-2016 tentang pembebanan untuk jembatan, beban pada jembatan terbagi atas:

2.5.1 Beban Permanen

Massa setiap bangunan harus dihitung berdasarkan dimensi yang tertera dalam gambar dan berat jenis bahan yang digunakan. Berat dari bagian-bagian tersebut adalah massa dikalikan dengan percepatan gravitasi (g). Percepatan yang digunakan dalam standar ini adalah $9,81 \text{ m/detik}^2$.

Menurut SNI 1725-2016 besarnya kerapatan massa dan berat isi untuk berbagai macam bahan diberikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Berat Isi Untuk Beban Mati (SNI 1725-2016)

No	Bahan	Berat Isi (kN/m ³)	Kerapatan massa (kg/m ³)
1	Lapisan permukaan beraspal (<i>bituminous wearing surfaces</i>)	22,0	2245
2	Besi tuang (<i>cast iron</i>)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (<i>compacted sand, silt or clay</i>)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (<i>rolled gravel, macadam or ballast</i>)	18,8-22,7	1920-2315
5	Beton aspal (<i>asphalt concrete</i>)	22,0	2245
6	Beton ringan (<i>low density</i>)	12,25-19,6	1250-2000
7	Beton $f'c < 35$ Mpa	22,0-25,0	2320
	$35 < f'c < 105$ Mpa	$22+0,022 f'c$	$2240+2,29 f'c$
8	Baja (steel)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu Keras (hard wood)	11,0	1125

(Sumber : SNI 1725-2016)

Beban mati jembatan merupakan kumpulan berat setiap komponen struktural dan non-struktural. Setiap komponen ini harus dianggap sebagai suatu kesatuan aksi yang tidak terpisahkan pada waktu menerapkan faktor beban normal dan faktor beban terkurangi. Perencanaan jembatan harus menggunakan keahliannya dalam menentukan komponen-komponen tersebut.

Dalam PPPJRR 1987 untuk menentukan besarnya muatan mati, harus dipergunakan nilai berat isi untuk bahan bangunan yang diberikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Berat Isi Untuk Beban Mati (PPPJJR 1987)

No	Bahan	Berat Isi (t/m ³)
1	Baja tuang	7,85
2	Alumunium paduan	2,80
3	Beton bertulang	2,50
4	Beton biasa, beton cyclop	2,20
5	Pasangan batu	2,00
6	Kayu	1,00
7	Tanah, pasir, kerikil (dalam keadaan padat)	2,00
8	Perkerasan jalan beraspal	2,00 - 2,50
9	Air	1,00

(Sumber : PPPJJR 1987)

2.5.2 Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri adalah berat bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen nonstruktural yang dianggap tetap. Besarnya nilai faktor beban untuk berat sendiri diberikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Faktor Beban Untuk Berat Sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ^S_{MS})		Keadaan Batas Ultimit (γ^U_{MS})	
	Bahan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Alumunium	1,00	1,10	0,90
	Beton Pracetak	1,00	1,20	0,85
	Beton dicor di tempat	1,00	1,30	0,75
	kayu	1,00	1,40	0,70

(Sumber : SNI 1725-2016)

2.5.3 Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA)

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen nonstruktural, dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan. Beban mati tambahan didefinisikan sebagai beban mati yang diakibatkan oleh berat dari elemen-elemen tambahan atau *finising* yang bersifat permanen. Besarnya nilai faktor beban untuk berat mati tambahan diberikan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Faktor Beban Untuk Beban Mati Tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (γ^S_{MS})		Keadaan Batas Ultimit (γ^U_{MS})	
	Keadaan		Biasa	Terkurangi
Tetap	Umum	1,00 ⁽¹⁾	2,00	0,70
	Khusus (terawasi)	1,00	1,40	0,80
Catatan ⁽¹⁾ : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

(Sumber : SNI 1725-2016)

2.5.4 Beban Akibat Tekanan Tanah (TA)

Koefisien tekanan tanah nominal harus dihitung berdasarkan sifat-sifat tanah. Sifat-sifat tanah. (kepadatan, kadar kelembaban, kohesi sudut geser dalam dan lain sebagainya) harus diperoleh berdasarkan hasil pengukuran dan pengujian tanah baik di lapangan ataupun laboratorium. Tekanan tanah lateral mempunyai hubungan yang tidak linier dengan sifat-sifat bahan tanah. Tekanan tanah lateral pada keadaan batas daya layan dihitung berdasarkan nilai nominal dari γ_s , c dan ϕf .

Tekanan tanah lateral pada keadaan batas kekuatan dihitung dengan menggunakan nilai nominal dari γ_s dan nilai rencana dari c serta ϕf . Nilai-nilai rencana dari c serta ϕf diperoleh dengan dari nilai nominal dengan menggunakan faktor reduksi kekuatan. Kemudian tekanan tanah lateral yang diperoleh masih berupa nilai

nominal dan selanjutnya harus dikalikan dengan faktor beban yang sesuai seperti pada Tabel 5.

Tabel 5. Faktor Beban Akibat Tekanan Tanah

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{TA})			
	Keadaan Batas Layan (γ_{TA}^S)		Keadaan Batas Ultimit (γ_{TA}^U)	
	Tekanan Tanah		Biasa	Terkurangi
Tetap	Tekanan Tanah Vertikal	1,00	1,25	0,90
	Tekanan Tanah Lateral			
	– Aktif	1,00	1,25	0,80
	– Pasif	1,00	1,40	0,70
	– Diam	1,00	⁽¹⁾	
Catatan ⁽¹⁾ : Tekanan tanah lateral dalam keadaan diam biasanya tidak diperhitungkan pada keadaan batas ultimit.				

(Sumber : SNI 1725-2016, hal 15)

Tanah di belakang dinding penahan tanah biasanya mendapatkan beban tambahan yang bekerja apabila beban lalu lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis. Besarnya beban tambahan ini adalah setara dengan tanah setebal 0,7 meter yang bekerja secara merata pada bagian tanah yang bagian tanah.

2.5.5 Pengaruh Tetap Pelaksanaan

Pengaruh tetap pelaksanaan adalah beban yang disebabkan oleh metode dan urutan pelaksanaan pekerjaan jembatan. Beban ini biasanya mempunyai kaitan dengan aksi-aksi lainnya, seperti pra-penegangan dan berat sendiri. Besarnya nilai faktor beban akibat pengaruh pelaksanaan diberikan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Faktor Beban Akibat Pengaruh Pelaksanaan

Tipe Beban	Faktor Beban (γ_{PL})		
	Keadaan Batas Layan (γ_{SPL}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{UPL}^U)	
		Biasa	Terkurangi
Tetap	1,00 ⁽¹⁾	1,00	1,00

(Sumber : SNI 1725-2016, hal 37)

2.5.6 Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur “D” dan beban truk “T”. Beban lajur “D” bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suhu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar ditempatkan pada beberapa posisi dalam jalur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri atas dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk “T” diterapkan jalur lalu lintas rencana. Secara umum, beban “D” akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang sedang sampai panjang, sedangkan beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan lantai kendaraan. Dalam keadaan tertentu beban “D” yang nilainya telah diturunkan atau dinaikkan dapat digunakan.

A. Lajur Lalu Lintas Rencana

- Menurut PPPJJR 1987 lajur lalu lintas ini mempunyai lebar minimum 2,75 meter dan lebar maksimum 3,75 meter. Lebar lajur minimum ini harus untuk menentukan muatan “D” per lajur. Jumlah lajur lalu lintas untuk lantai kendaraan dengan lebar 5,50 meter atau lebih yang selanjutnya ini digunakan dalam menentukan muatan “D” pada perhitungan reaksi perletakan. Besarnya jumlah lajur lalu lintas diberikan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Jumlah Lajur Lalu Lintas (PPPJJR 1987)

No	Lebar Lantai Kendaraan	Jumlah Lajur Lalu Lintas
1	5,50 sampai 8,25 m	2
2	Lebih dari 8,25 m sampai dengan 11,25 m	3
3	Lebih dari 11,25 m sampai dengan 15,00 m	4
4	Lebih dari 15,00 m sampai dengan 18,75 m	5
5	Lebih dari 18,75 m sampai dengan 32,50 m	6

(Sumber : PPPJJR 1987)

Besarnya jumlah lajur lalu lintas rencana Menurut SNI 1725-2016 diberikan dalam Tabel 8.

Tabel 8. Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (SNI 1725-2016)

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n)
Satu lajur	$3000 \leq W < 5250$	1
Dua Arah, tanpa Median	$5250 \leq W < 7500$	2
	$7500 \leq W < 10,000$	3
	$10,000 \leq W < 12,500$	4
	$12,500 \leq W < 15,250$	5
	$W \geq 15,$	6
Dua Arah dengan Median	$5500 \leq W \leq 8000$	2
	$8250 \leq W \leq 10,750$	3
	$11,000 \leq W \leq 13,500$	4
	$13,750 \leq W \leq 16,250$	5
	$W \geq 16,500$	6
Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah jalur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan untuk banyak arah.		

(Sumber : SNI 1725-2016, hal 38)

- Menurut SNI 1725-2016 jumlah lajur lalu lintas rencana ditentukan dengan mengambil bagian *integer* dari hasil pembagian lebar bersih jembatan (w) dalam mm dengan lebar lajur rencana sebesar 2750 mm. Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

B. Beban Lajur “D” (TD)

- Menurut PPPJRR 1987 untuk perhitungan kekuatan gelagar-gelagar harus digunakan beban “D”. Beban “D” atau beban jalur adalah susunan beban pada setiap jalur lalu lintas yang terdiri dari beban terbagi rata sebesar “ q ” ton per meter panjang per jalur, dan beban garis “ P ” ton per jalur lalu lintas tersebut.

Besar “ q ” ditentukan sebagai berikut :

$$q = 2,2 \text{ t/m}' \quad \text{untuk } L < 30 \text{ m}$$

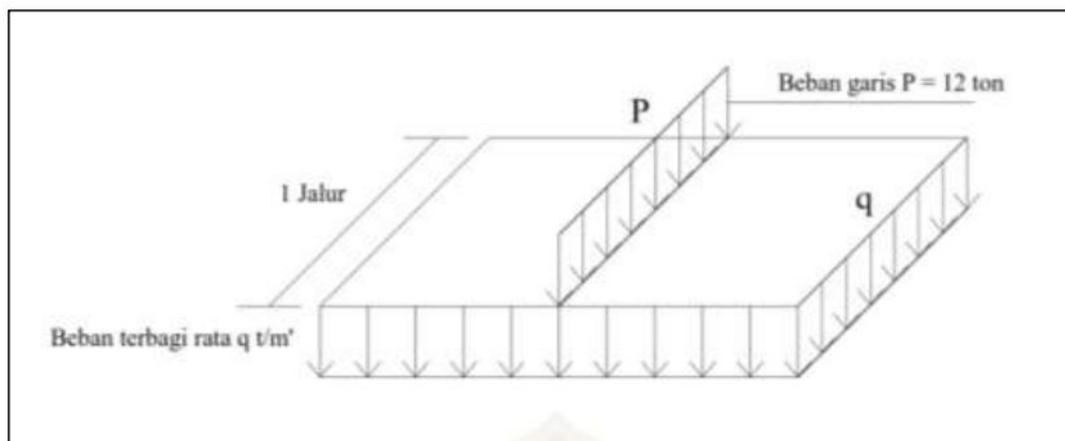
$$q = 2,2 \text{ t/m}' - 1,1/60 * (L - 30) \text{ t/m}' \quad \text{untuk } 30 \text{ m} < L < 60 \text{ m}$$

$$q = 1,1 * (1 + 30/L) \text{ t/m}' \quad \text{untuk } L > 60 \text{ m}$$

L = panjang dalam meter, ditentukan oleh tipe konstruksi jembatan sesuai tabel III (PPPJRR hal 11)

$\text{t/m}'$ = ton per meter panjang, per jalur.

Bentuk distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan jalan raya diberikan pada Gambar 12.

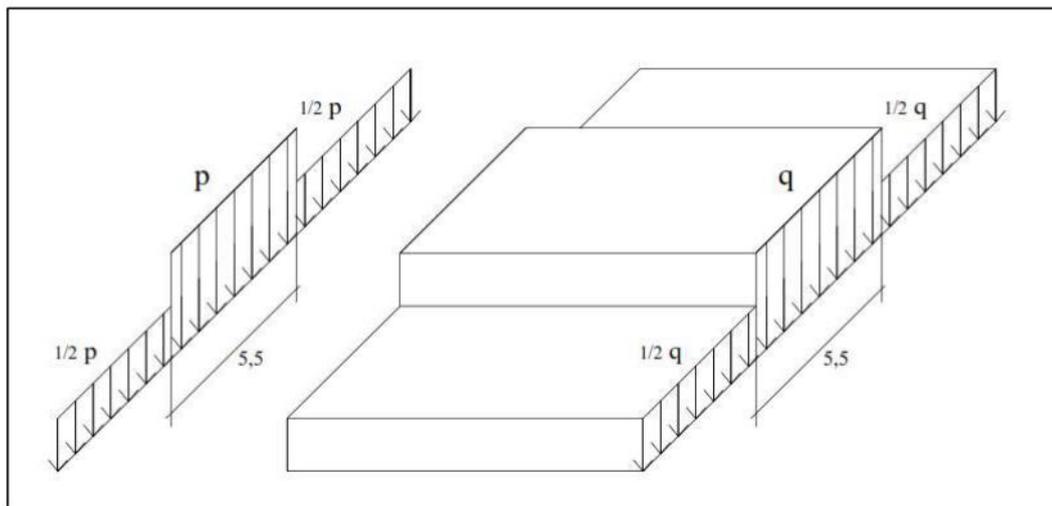


Gambar 12. Distribusi beban “D” yang bekerja pada jembatan jalan raya

Ketentuan penggunaan beban “D” dalam arah melintang jembatan adalah sebagai berikut :

- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan sama atau lebih kecil dari 5,50 meter, muatan “D” sepenuhnya (100%) harus dibebankan pada seluruh lebar jembatan.
- Untuk jembatan dengan lebar lantai kendaraan lebih besar dari 5,50 meter, muatan “D” sepenuhnya (100%) dibebankan pada lebar jalur 5,50 meter sedang lebar selebihnya dibebani hanya separuh dari muatan “D” (50%).

Ketentuan penggunaan beban “D” pada jembatan jalan raya diberikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Ketentuan penggunaan beban “D” pada jembatan jalan raya

Dalam menentukan beban hidup (beban terbagi rata dan beban garis) perlu diperhitungkan ketentuan bahwa :

Muatan hidup per meter lebar lajur lalu lintas jembatan menjadi sebagai berikut :

$$\text{Beban terbagi rata} = \frac{q \text{ ton/meter}}{2,75 \text{ meter}}$$

$$\text{Beban garis} = \frac{p \text{ ton}}{2,75 \text{ meter}}$$

Angka pembagi 2,75 meter di atas selalu tetap dan tidak tergantung pada lebar lajur lalu lintas.

- Menurut SNI 1725-2016 beban lajur “D” terdiri atas beban terbagi rata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT). Besarnya nilai faktor beban untuk beban lajur “D” diberikan dalam Tabel 9.

Tabel 9. Faktor Beban Untuk Beban Lajur “D”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{ID}^U)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{ID}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725-2016, hal 39)

1. Intensitas beban “D”

Beban Terbagi Rata (BTR) mempunyai intensitas q KPa dengan besaran q tergantung pada panjang total yang dibebani L yaitu berikut :

$$\text{Jika } L \leq 30 \text{ m : } q = 9,0 \text{ kPa}$$

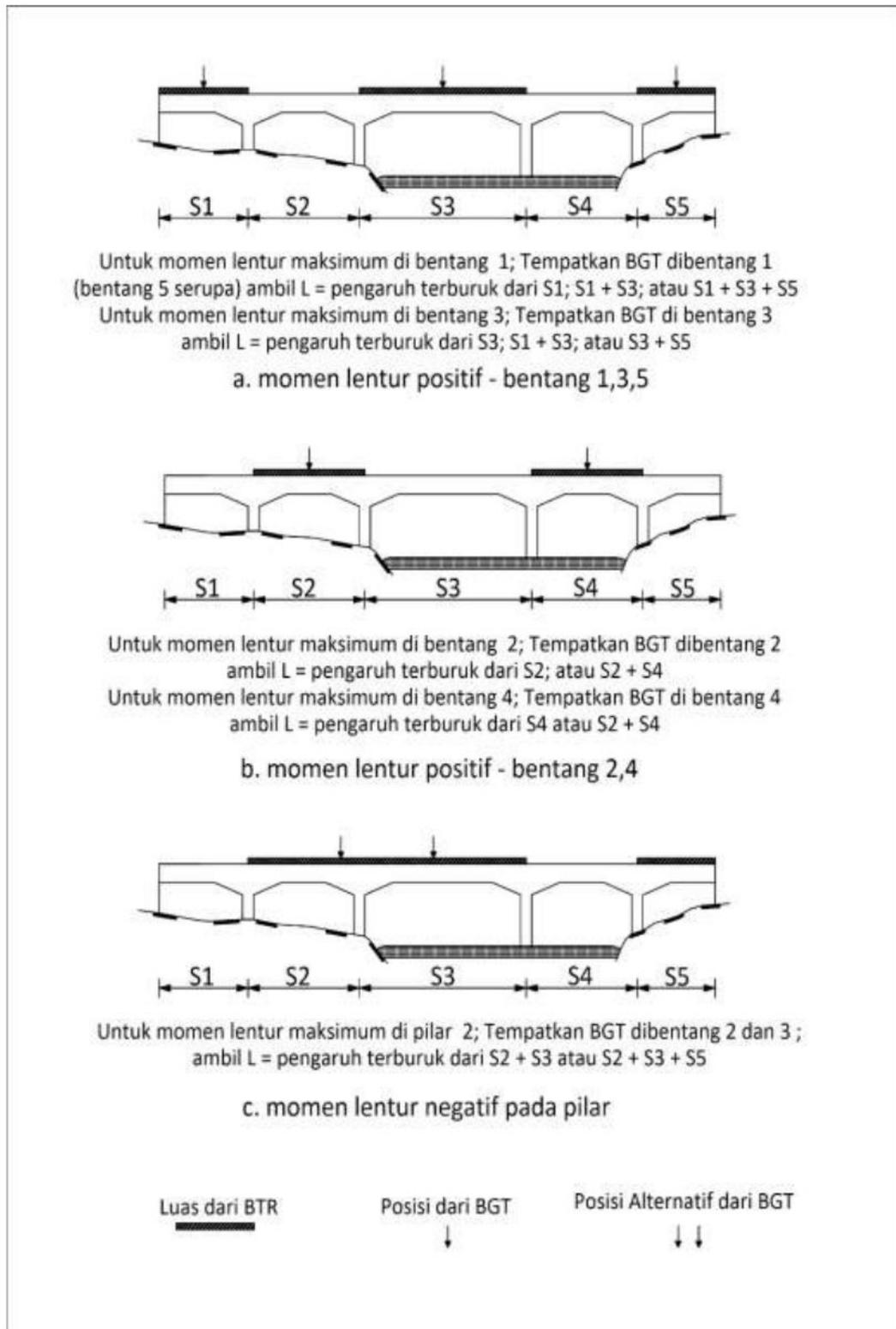
$$\text{Jika } L > 30 \text{ m : } q = 9,0 \left(0,5 + \frac{15}{L}\right) \text{ kPa}$$

Keterangan :

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

L = panjang total jembatan yang dibebani (meter)

Beban Garis Terpusat (BGT) menurut SNI 1725-2016, beban garis terpusat (BGT) dengan intensitas p kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas p adalah 49,0 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya. Bentuk Beban Lajur “D” diberikan pada Gambar 14.



Gambar 15. Alternatif Penempatan Beban “D” Dalam Arah Memanjang

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 40)

3. Respons Terhadap Beban Lajur “D”

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

C. Beban Truk “T” (TT)

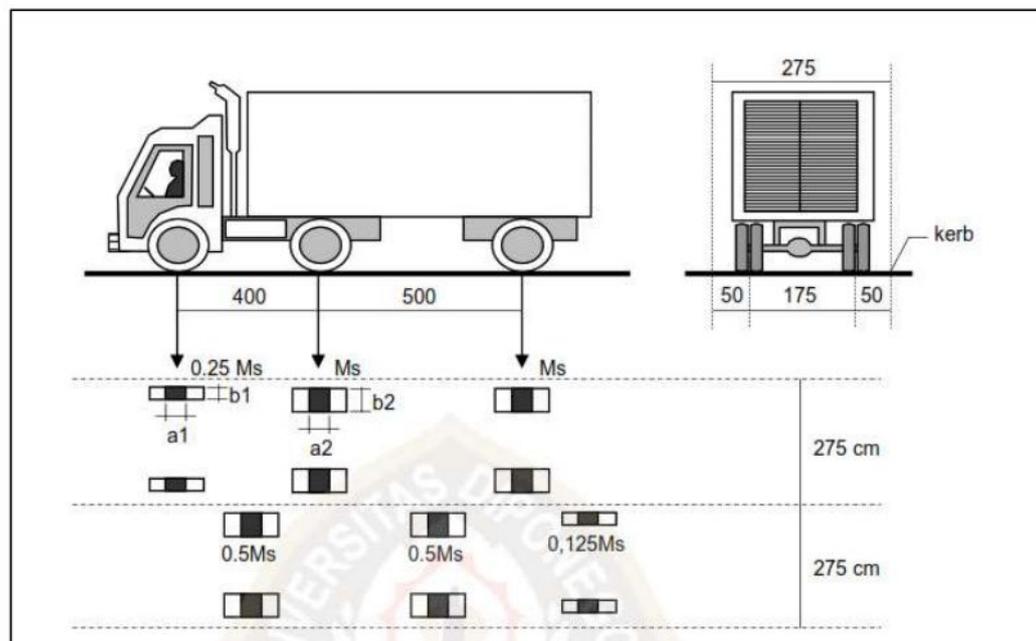
Beban “T” adalah muatan yang merupakan kendaraan truk semitrailer yang mempunyai beban roda ganda (*dual wheel load*) sebesar 10 ton, dengan ukuran-ukuran seperti pada Gambar 16.

$$a1 = a2 = 30 \text{ cm}$$

$$b1 = 12,50 \text{ cm}$$

$$b2 = 50,00 \text{ cm}$$

M_s = Muatan rencana sumbu = 20 ton



Gambar 16. Ketentuan beban “T” yang terjadi pada jembatan jalan raya

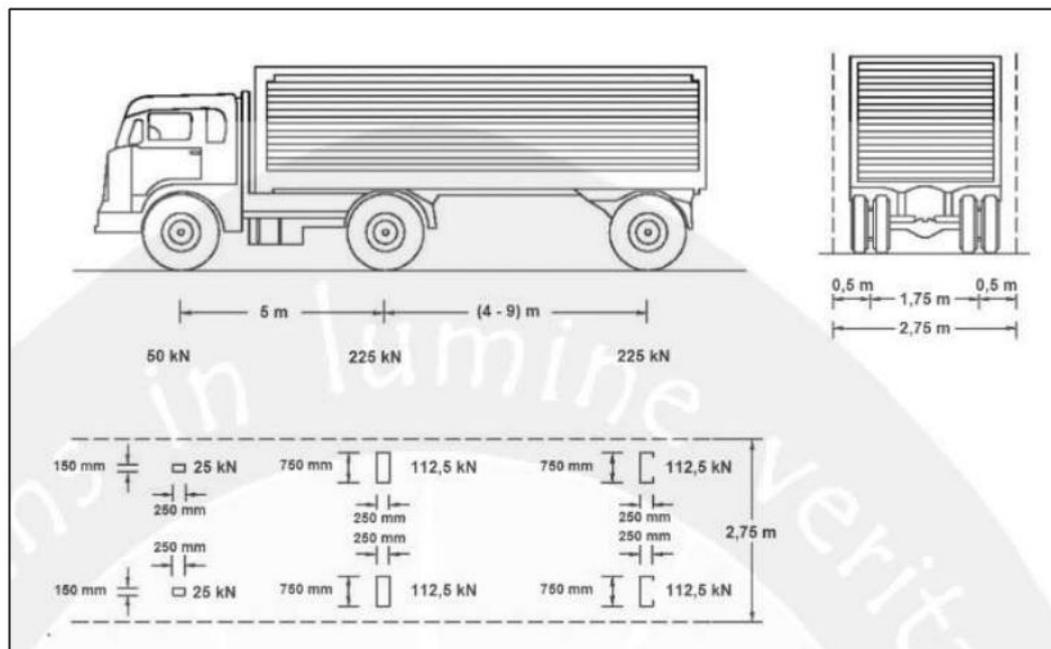
- Menurut SNI 1725-2016 Beban truk “T” tidak dapat digunakan bersamaan dengan beban “D”. Beban truk dapat digunakan untuk perhitungan struktur

lantai. Besarnya nilai faktor beban untuk beban “T” diberikan dalam Tabel 10. serta ukuran-ukuran seperti pada Gambar 17.

Tabel 10. Faktor Beban Untuk Beban “T”

Tipe Beban	Jembatan	Faktor beban (γ_{TD})	
		Keadaan Batas Layan (γ_{TT}^U)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{TT}^U)
Transien	Beton	1,00	1,80
	Boks Girder Baja	1,00	2,00

(Sumber : SNI 1725-2016, hal 41)



Gambar 17. Beban Truk “T”

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 41)

Beban pembebanan truk “T” terdiri atas kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar. Berat dari tiap-tiap gandar disebarkan menjadi 2 merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah dari 4,0 sampai

dengan 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.

Dalam pendistribusian beban truk, besarnya beban yang akan diakumulasikan pada pelat lantai jembatan yaitu sebesar beban titik pada roda truk dalam kN, sehingga persamaan beban truk adalah sebagai berikut.

$$PTT = (1+FBD) \times T \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan :

FBD = faktor beban dinamis dan

T = beban roda truk dalam kN.

1. Posisi Dan Penyebaran Pembebanan Truk “T” Dalam Arah Melintang

Terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, umumnya hanya ada satu kendaraan truk “T” yang bisa ditempatkan pada satu jalur lalu lintas rencana. Untuk jembatan sangat panjang dapat ditempatkan lebih dari satu truk pada satu jalur lalu lintas rencana.

2. Kondisi Faktor Kepadatan Lajur

Jika perencanaan menggunakan faktor distribusi beban kendaraan untuk satu lajur, maka pengaruh beban truk harus direduksikan dengan faktor 1,20. Tetapi jika perencanaan menggunakan level rule atau metode statika lainnya untuk mendapatkan faktor distribusi beban kendaraan, maka pengaruh beban truk tidak perlu direduksi. Besarnya nilai faktor kepadatan lajur berdasarkan jumlah lajur diberikan dalam Tabel 11.

Tabel 11. Faktor Kepadatan Lajur (m)

Jumlah lajur yang dibebani	Faktor kepadatan lajur
1	1,2
≥ 2	1

(Sumber : SNI 1725-2016, hal 42)

3. Bidang Kontak Roda Kendaraan

Bidang kontak roda kendaraan yang terdiri atas satu atau dua roda diasumsikan mempunyai bentuk persegi panjang dan panjang 750 mm dan lebar 250 mm. Tekanan beban harus diasumsikan terdistribusi secara merata pada permukaan bidang kontak

4. Distribusi Beban Roda Pada Timbunan

Beban roda harus didistribusikan pada pelat atap gorong-gorong jika tebal timbunan kurang dari 600 mm. Jika tebal timbunan lebih dari 600 mm atau perencanaan menggunakan cara perhitungan pendekatan yang diizinkan, atau melakukan analisis yang lebih rinci, maka beban roda diasumsikan terbagi rata seluas kontak, yang bertambah besar sesuai kedalaman dengan kemiringan sebesar 1,15 kali kedalaman timbunan, dengan memperhatikan kondisi kepadatan lajur.

D. Klarifikasi Pembebanan Lalu Lintas

Berikut ini merupakan klarifikasi dalam pembebanan lalu lintas menurut SNI 1725-2016

1. Pembebanan Lalu Lintas yang Dikurangi

Dalam keadaan khusus, dengan persetujuan instansi yang berwenang, pembebanan “D” setelah dikurangi menjadi 70% bisa digunakan. Pembebanan lalu lintas yang dikurangi hanya berlaku untuk jembatan darurat atau semi permanen.

2. Pembebanan Lalu Lintas yang Berlebihan (*Overload*)

Dengan persetujuan instansi yang berwenang, pembebanan “D” dapat diperbesar di atas 100% untuk jaringan jalan yang dilewati kendaraan berat. Faktor pembesaran di atas 100% tidak boleh digunakan untuk pembebanan truk “T” atau gaya rem pada arah memanjang jembatan.

E. Faktor Beban Dinamis

Faktor beban dimensi tidak perlu diterapkan untuk:

1. Dinding penahan yang tidak memikul reaksi vertikal dari struktur atas jembatan, dan
2. Komponen pondasi yang seluruhnya berada di bawah permukaan tanah.

Faktor Beban Dinamis (FBD) merupakan hasil interaksi antara kendaraan yang bergerak dan jembatan. Besarnya FBD tergantung frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya 2 Hz sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari gerakan lentur jembatan. Untuk perencanaan, FBD dinyatakan sebagai beban statis ekuivalen.

Besarnya BGT dari pembebanan lajur “D” dan beban roda dari pembebanan truk “T” harus cukup untuk memberikan terjadinya interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan dikali FBD. FBD merupakan fungsi panjang bentang ekuivalen. Untuk bentang tunggal panjang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE diberikan dengan rumus:

$$LE = \sqrt{L_{av}L_{max}} \dots\dots\dots (2)$$

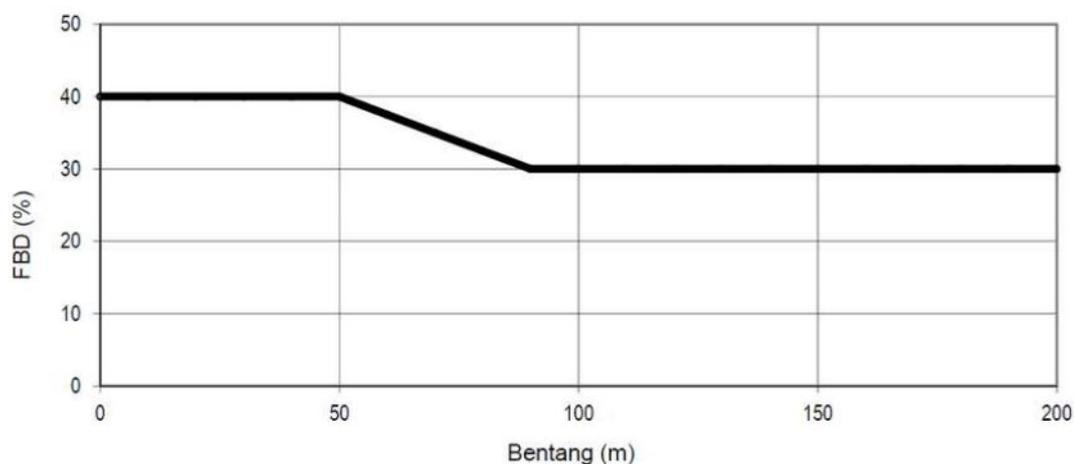
Keterangan:

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

L_{max} = Panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

Untuk pembebanan truk “T”, FBD diambil 30%. Nilai FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada di atas permukaan tanah. Untuk bagian bawah dan pondasi yang berada di bawah garis permukaan, nilai FBD harus diambil sebagai peralih linier dari nilai pada garis permukaan tanah sampai nol pada kedalaman 2 m. Untuk bangunan yang terkubur, seperti halnya gorong-gorong dan struktur baja-tanah, nilai FBD jangan diambil kurang dari 40% untuk kedalaman nol dan jangan kurang dari 10% untuk kedalaman 2 m.

Untuk kedalaman antara bisa diinterpolasi linier. Grafik nilai FBD yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Faktor Beban Dinamis Untuk Beban T pada Pembebanan lajur “D”

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 45)

F. Gaya Rem (TB)

Gaya rem harus diambil yang terbesar dari :

- a) 25% dari berat gandar truk desain atau,
- b) 5% dari berat truk rencana ditambah beban lajur terbagi rata BTR

Gaya rem tersebut harus ditempatkan di semua lajur rencana yang dimutasi sesuai dengan lajur lalu lintas rencana dan yang berisi lalu lintas rencana dan yang berisi lalu lintas dengan arah yang sama. Gaya ini harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm di atas permukaan jalan pada masing-masing arah longitudinal dan dipilih yang paling menentukan. Untuk jembatan yang dimasa depan akan dirubah menjadi satu arah, maka semua lajur rencana harus dibebani secara simultan pada saat menghitung besarnya gaya rem. Faktor kepadatan lajur yang ditentukan berlaku untuk menghitung gaya rem.

G. Pembebanan Untuk Pejalan Kaki (TP)

Semua komponen trotoar yang lebih lebar dari 600 mm harus direncanakan untuk memikul beban pejalan kaki dengan intensitas 5 kPa dan dianggap bekerja secara bersamaan dengan beban kendaraan pada masing-masing lajur kendaraan. Jika

ada kemungkinan trotoar berubah fungsi di masa depan menjadi lajur kendaraan, maka beban hidup kendaraan harus diterapkan pada jarak 250 mm dari tepi dalam parapet untuk perencanaan komponen jembatan lainnya. Dalam hal ini, faktor beban dinamis tidak perlu dipertimbangkan.

2.6 Aksi Lingkungan

Aksi lingkungan memasukan pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa dan penyebab-penyebab lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar ini dihitung berdasarkan analisis statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan membesar pengaruh setempat. Perencanaan mempunyai tanggung jawab untuk mengidentifikasi kejadian-kejadian khusus setempat dan harus memperhitungkannya dalam perencanaan.

1. Penurunan (ES)

Jembatan harus direncanakan untuk bisa menahan terjadinya penurunan yang diperkirakan, termasuk pembebanan penurunan, sebagai aksi daya layan. Pengaruh penurunan yang dikurangi dengan adanya rangkai dan interaksi pada struktur tanah. Faktor beban untuk penurunan dapat digunakan sesuai Tabel 12.

Tabel 12. Faktor Beban Akibat Penurunan

Tipe Beban	Faktor beban (γ_{ES})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{ES}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{ES}^U)
Permanen	1,00	N/A

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 48)

2. Gaya Akibat Deformasi

Gaya dalam yang terjadi karena deformasi akibat rangkai dan susut harus diperhitungkan dalam perencanaan. Selain itu pengaruh temperatur gradien harus dihitung jika diperlukan. Gaya-gaya yang terjadi akibat adanya pengekangan

deformasi komponen maupun tumpuan serta deformasi pada lokasi dimana beban bekerja harus diperhitungkan dalam perencanaan.

Pengaruh temperatur dibagi menjadi :

- 1) Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung pergerakan pada temperatur dan sambungan pelat lantai, dan untuk menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut (EUn). Perencana harus menentukan besarnya temperatur jembatan rata-rata yang diperlukan untuk memasang sambungan siar muai, perletakan dan lain sebagainya, dan harus memastikan bahwa temperatur tersebut tercantum dalam Gambar rencana.
- 2) Variasi temperature (EG) di dalam bangunan atas jembatan atau perbedaan temperatur disebabkan oleh pemanasan langsung dari sinar matahari di waktu siang pada bagian atas permukaan lantai dan pelepasan kembali radiasi dari seluruh permukaan jembatan di waktu malam.

3. Pengaruh Susut dan Rangkak (SH)

Pengaruh rangkak dan penyusutan harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan beton. Pengaruh ini dihitung menggunakan beban mati jembatan. Apabila rangkak dan penyusutan bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya, maka nilai dari rangkak dan penyusutan tersebut harus diambil minimum (misalnya pada waktu transfer dari beton prategang). Faktor beban untuk susut dan rangkak dapat digunakan sesuai Tabel 13.

Tabel 13. Faktor Akibat Susut dan Rangkak

Tipe Beban	Faktor beban (γ_{SH})	
	Keadaan Batas Layan (γ_{SH}^S)	Keadaan Batas Ultimit (γ_{SH}^U)
Tetap	1,00	0,5
Catatan : Walaupun susut dan rangkak bertambah lambat menurun waktu, tetapi pada akhirnya akan mencapai nilai yang konstan.		

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 51)

4. Beban Angin

➤ Menurut PPPJJR 1987 pengaruh beban angin yang ditetapkan sebesar 150 kg/m^2 dalam arah horisontal terbagi rata pada bidang vertikal jembatan, dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Dalam menghitung luas bagian-bagian sisi jembatan yang terkena angin dapat digunakan ketentuan sebagai berikut:

1. Ketentuan tanpa beban hidup

- Untuk jembatan rangka diambil sebesar 30% luas bidang sisi jembatan yang langsung terkena angin, ditambah 15% luas bidang sisi lainnya.

2. Keadaan dengan beban hidup

- Untuk jembatan diambil sebesar 50% terhadap luas bidang diatas.
- Untuk beban hidup diambil sebesar 100% luas bidang sisi yang langsung terkena angin.

➤ Menurut SNI 1725-2016 perhitungan beban angin adalah sebagai berikut:

a. Tekanan angin horizontal

$$VDZ = 2,5 V_0 \left(\frac{V_{10}}{V_B} \right) \ln \left(\frac{Z}{Z_0} \right) \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

- VDZ adalah kecepatan rencana pada elevasi rencana, Z (km/jam)
- V10 adalah kecepatan angin pada elevasi 10000 mm di atas permukaan tanah atau di atas permukaan air rencana (km/jam)
- VB adalah kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm
- Z adalah elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000 \text{ mm}$)
- V0 adalah kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, sebagaimana ditentukan dalam Tabel , untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)
- Z0 adalah panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi, ditentukan pada Tabel (mm)
- V10 dapat diperoleh dari:

- grafik kecepatan angin dasar untuk berbagai periode ulang,
- survei angin pada lokasi jembatan, dan
- jika tidak ada data yang lebih baik, perencana dapat mengasumsikan bahwa $V_{10} = V_B = 90$ s/d 126 km/jam. Besarnya nilai V_0 dan Z_0 untuk berbagai variasi kondisi permukaan hulu diberikan dalam Tabel 14.

Tabel 14. Nilai V_0 dan Z_0 Untuk Berbagai Variasi Kondisi Permukaan Hulu

Kondisi	Lahan Terbuka	Sub Urban	Kota
V_0 (km/jam)	13,2	17,6	19,3
Z_0 (mm)	70	1000	2500

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 56)

- Beban angin pada struktur (EWS)

$$PD = PB \left(\frac{VDZ}{VB} \right)^2 \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :

PB adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 15. (MPa)

Tabel 15. Tekanan Angin Dasar

Komponen bangunan atas	Angin tekan (MPa)	Angin Hisap (MPa)
Rangka, kolom, dan pelengkung	0,0024	0,0012
Balok	0,0024	N/A
Permukaan datar	0,0019	N/A

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 56)

Gaya total beban angin tidak boleh diambil kurang dari $4,4$ kN/mm pada bidang tekan dan $2,2$ kN/mm pada bidang hisap pada struktur rangka dan pelengkung, serta tidak kurang dari $4,4$ kN/mm pada balok atau gelagar.

- Gaya angin pada kendaraan (EWI)

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintas jembatan. Jembatan harus direncanakan

memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan. Kecuali jika angin yang bekerja tidak tegak lurus struktur, maka komponen yang bekerja tegak lurus maupun parallel terhadap kendaraan untuk berbagai sudut serang. Besarnya nilai komponen beban angin yang bekerja pada kendaraan diberikan dalam Tabel 16.

Tabel 16. Komponen Beban Angin yang Bekerja pada Kendaraan

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

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 57)

b. Tekanan angin vertikal

Jembatan harus mampu memikul beban garis memanjang jembatan yang mempresentasikan gaya angin vertikal ke atas sebesar $9,6 \times 10^{-4}$ Mpa dikalikan lebar jembatan, termasuk parapet dan trotoar. Gaya ini harus ditinjau hanya untuk Keadaan Batas Kuat III dan Layan IV yang tidak melibatkan angin pada kendaraan, dan hanya ditinjau untuk kasus pembebanan dimana arah angin dianggap bekerja tegak lurus terhadap sumbu memanjang jembatan.

5. Pengaruh Gempa

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa. Penggantian secara parsial atau lengkap pada struktur diperlukan untuk beberapa kasus. Kinerja yang lebih tinggi seperti kinerja operasional dapat ditetapkan oleh pihak yang berwenang. Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien

respons elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respons (R_d) dengan formulasi sebagai berikut :

$$EQ = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \dots\dots\dots (5)$$

Keterangan :

- EQ adalah gaya gempa horizontal statis (kN)
- C_{sm} adalah koefisien respons gempa elastis
- R_d adalah faktor modifikasi respons
- W_t adalah berat total struktur terdiri dari beban mati dan beban hidup yang sesuai (kN)

Ketentuan pada standar ini berlaku untuk jembatan konvensional. Pemilik pekerjaan harus menentukan dan menyetujui ketentuan yang sesuai untuk jembatan nonkonvensional. Ketentuan ini tidak perlu digunakan untuk struktur bawah tanah, kecuali ditentukan lain oleh pemilik pekerjaan. Pengaruh gempa terhadap gorong-gorong persegi dan bangunan bawah tanah tidak perlu diperhitungkan kecuali struktur tersebut melewati patahan aktif. Pengaruh ketidakstabilan keadaan tanah (misalnya : likuifaksi, longsor, dan perpindahan patahan) terhadap fungsi jembatan harus diperhitungkan. Perhitungan pengaruh gempa terhadap jembatan termasuk beban gempa, cara analisis, peta gempa, dan detail struktur mengacu pada SNI 2833:2016 Standar perencanaan ketahanan gempa untuk jembatan. (SNI 1725-2016, hal 59)

2.7 Aksi-Aksi Lainnya

2.7.1 Gesekan pada Perletakan (BF)

Gesekan pada perletakan termasuk pengaruh kekakuan geser dari perletakan elastomer. Gaya akibat gesekan pada perletakan dihitung menggunakan hanya beban tetap, dan nilai rata-rata dari koefisien gesekan (atau kekuatan geser apabila menggunakan perletakan elastomer). Besarnya nilai faktor beban akibat gesekan pada perletakan diberikan dalam Tabel 17.

Tabel 17. Faktor Beban Akibat Gesekan pada Perletakan

Jangka Waktu	Faktor beban		
	γ_{BF}^S	γ_{BF}^S	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1,0	1,3	0,8

CATATAN (1) Gaya akibat gesekan pada perletakan terjadi selama adanya pergerakan pada bangunan atas, tetapi gaya sisa mungkin terjadi setelah pergerakan berhenti. Dalam hal ini gesekan pada perletakan harus memperhitungkan adanya pengaruh tetap yang cukup besar.

(Sumber: SNI 1725-2016, hal 59)

2.7.2 Pengaruh Getaran

Getaran yang diakibatkan oleh adanya kendaraan yang lewat di atas jembatan dan akibat pejalan kaki pada jembatan penyebrangan merupakan keadaan batas daya layan apabila tingkat getaran menimbulkan bahaya dan ketidak nyamanan bangunan.

2.7.3 Beban Pelaksanaan

Beban pelaksanaan terdiri atas :

1. Beban yang disebabkan oleh aktivitas pelaksana itu sendiri dan,
2. Aksi lingkungan yang mungkin timbul selama waktu pelaksanaan.

2.8 Spesifikasi Struktur Jembatan

Spesifikasi struktur utama penyusun jembatan dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu:

2.8.1 Struktur Atas Jembatan (*superstructures*)

Bangunan atas terletak pada bagian atas konstruksi yang menerima beban-beban akibat lalu lintas kendaraan, pejalan kaki, barang ataupun berat sendiri dari

kontruksi. Bagian-bagian yang termasuk bangunan atas jembatan umumnya terdiri dari:

- a. Tiang sandaran
- b. Lantai trotoar
- c. Pelat lantai kendaraan
- d. Gelagar memanjang
- e. Gelagar melintang

2.8.2 Struktur Bawah Jembatan (*substructures*)

Struktur bawah jembatan berfungsi memikul seluruh beban struktur atas dan beban lain termasuk tekanan tanah, aliran air serta tumbuhan dan gesekan pada tumpuan dan sebagainya. Selanjutnya disalurkan ke pondasi dan disalurkan ke tanah dasar. Struktur bawah jembatan meliputi:

- a. Pilar jembatan
- b. Abutmen
- c. Pondasi

2.8.3 Pondasi (*Foundation*)

Pondasi jembatan berfungsi untuk meneruskan seluruh beban dari struktur atas dan struktur bawah jembatan ke tanah dasar. Tipe pondasi atau pier jembatan antara lain:

1. Pilar jembatan
 - a. Pondasi telapak (*Spread Footing*)
 - b. Pondasi sumuran (*Caisson*)
 - c. Pondasi tiang (*pile foundation*)
 - 1) Tiang pancang kayu (*Log pile*)
 - 2) Tiang pancang baja (*Steel pile*)
 - 3) Tiang pancang beton (*Reinforced concrete pile*)
 - 4) Tiang pancang beton prategang (*Prestessed concrete pile*)
 - 5) Tiang beton cetak ditempat (*Concrete cast in place*)

6) Tiang pancang komposit (*Compossite pile*)

2.9 Beton Bertulang

Beton bertulang adalah beton yang ditulangi dengan luas dan jumlah tulangan yang tidak kurang dari nilai minimum, yang disyaratkan dengan atau tanpa prategang, dan direncanakan berdasarkan asumsi bahwa kedua material bekerja bersama-sama dalam menahan gaya yang bekerja.

2.9.1 Kekuatan Nominal Beton

Menurut aturan “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Jembatan” tahun 2008 halaman 2-3, kekuatan nominal beton terdiri dari,

a. Kuat Tekan

Kuat tekan beton untuk jembatan beton non prategang pada umur 28 hari, f_c' harus ≥ 20 MPa dan sedangkan untuk beton prategang 30 MPa.

b. Kuat Tarik

Kuat tarik langsung dari beton, biasa diambil dari ketentuan: $\sqrt{F_c'}$ pada umur 28 hari, dengan perawatan standar atau dihitung secara probabilitas statistic dari hasil pengujian.

c. Kuat Tarik Lentur

Kuat tarik lentur beton, biasa diambil sebesar: $\sqrt{F_c'}$ MPa pada umur 28 hari, dengan perawatan standar atau dihitung secara probabilitas statistic dari hasil pengujian.

2.9.2 Tegangan Ijin

Menurut aturan “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Jembatan” tahun 2008 halaman 2-4 tegangan ijin beton terdiri atas:

- a. Tegangan ijin tekan pada kondisi layan = $\sqrt{F_c'}$ (untuk semua kombinasi beban)

- b. Tegangan ijin tekan pada kondisi beban sementara atau kondisi transfer gaya prategang untuk komponen beton prategang. Tegangan tekan ijin penampang beton, Alfa tk = $0,06\sqrt{Fci'}$
Dimana : $\sqrt{Fci'}$ adalah kuat tekan beton initial pada saat transfer gaya prategang.
- c. Tegangan ijin tarik pada kondisi batas layan. Tegangan tarik ijin penampang beton:
Beton tanpa tulangan : $0,15\sqrt{Fc'}$
Beton prategang penuh : $0,5\sqrt{Fc'}$
- d. Tegangan ijin tarik pada kondisi transfer gaya prategang untuk komponen beton prategang. Tegangan tarik yang diijinkan pada saat transfer gaya prategang :
 $0,25\sqrt{Fc'}$ (selain diperletakan)
 $0,5\sqrt{Fc'}$ (diperletakan)

2.9.3 Perencanaan Balok T

Menurut aturan “Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Jembatan” tahun 2008 halaman 4-36 tegangan ijin terdiri dari,

- a. Balok T dan Balok T semu
- b. Balok T tulangan tunggal
- c. Balok T tulangan ganda

2.10 Kontrol Lendutan

SNI 2002 mendapatkan bahwa semua komponen struktur beton (baik prategang maupun bertulang) harus direncanakan dengan kekuatan yang cukup dan membatasi lendutan yang dapat memperlemah struktur serta mengurangi kemampuan layan. SNI 2002 juga menetapkan bahwa:

1. Lendutan seketika dari komponen struktur harus dihitung dengan metode atau formula standar untuk lendutan elastis. Momen inersia penampang bruto bisa digunakan untuk penampang yang tidak retak.

2. Lendutan jangka panjang tambahan harus dihitung dengan memperhatikan pengaruh tegangan dalam beton dan baja akibat beban tetap. perhitungan lendutan harus mencakup pengaruh sudut, rangka dan relaksasi baja.
3. Lendutan tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan sebagai berikut:
 - a. $L/180$ untuk atap datar yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.
 - b. $L/360$ untuk lantai yang tidak menahan atau tidak disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.
 - c. $L/480$ untuk kontruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen non-strutural yang mungkin akan rusak oleh lendutan yang besar.
 - d. $L/240$ untuk kontruksi atap atau lantai yang menahan atau disatukan dengan komponen non-struktural yang mungkin tidak akan rusak oleh lendutan yang besar (Budiadi, 2008).

2.11 Dasar Perencanaan Struktur Bangunan Bawah

2.11.1 Perencanaan pilar Jembatan

Pilar jembatan dan pondasi termasuk dalam bangunan bawah jembatan yang menerima beban dari bangunan diatasnya yang bekerja, meliputi beban mati, beban hidup, dan beban-beban lainnya yang bekerja pada struktur jembatan yang kemudian diteruskan ke tanah sebagai dasar landasan struktur jembatan (Sosrodarsono, 2000)

Walaupun demikian perencanaan pilar jembatan secara prakris dibuat seperti perencanaan tembok penahan tanah, dengan memperhitungkan beban kerja dari bangunan atas. Dengan menganggap bahwa dalam bab tentang tembok penahan tanah, sejauh yang menyangkut gravitasi atau tipe balok terjepit sebelah (*cantilever beam type*).

2.11.2 Gaya Yang Bekerja Pada Abutmen

1. Gaya akibat tekanan tanah aktif

$$K_a = \operatorname{tg}^2 \left(\operatorname{tg} 45^\circ - \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (6)$$

$$P_a = \frac{1}{2} \times K_a \times \gamma \times H^2 \times B \dots \dots \dots (7)$$

$$M_{pa} = \frac{1}{3} \times H \times P_a \dots \dots \dots (8)$$

dimana:

K_a = Koefisien tekanan tanah aktif

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

P_a = Kekuatan tekanan tanah aktif (kg)

γ = Berat jenis tanah (kg/m^3)

H = Tinggi abutment (m)

B = Lebar abutment (m)

M_{pa} = Momen yang terjadi akibat tekanan tanah aktif (kg.m)

2. Gaya akibat tekanan tanah pasif

$$K_p = \operatorname{tg}^2 \left(\operatorname{tg} 45^\circ + \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (9)$$

$$P_p = \frac{1}{2} \times K_p \times \gamma \times H^2 \times B \dots \dots \dots (10)$$

$$M_{pp} = \frac{1}{3} \times H \times P_p \dots \dots \dots (11)$$

dimana:

K_p = Koefisien tekanan tanah aktif

ϕ = Sudut geser tanah ($^\circ$)

P_p = Kekuatan tekanan tanah aktif (kg)

γ = Berat jenis tanah (kg/m^3)

H = Tinggi abutmen (m)

M_{pp} = Momen yang terjadi akibat tekanan tanah aktif (kg.m)

2.11.3 Stabilitas Terhadap Tegangan Tanah

Daya dukung tanah ultimit (q_u) untuk penampang abutment empat persegi panjang dipakai rumus oshiki yaitu:

$$q_u = [a. c. Nc] + [\beta. \gamma. B. N\gamma] + [\gamma. Df. Nq] \text{ (Sosrodarsono, 2000 hal 33)} \dots \dots \dots (12)$$

dimana:

q_u	= Daya dukung ultimit (t/m^2)
α, β	= Suatu faktor bentuk
B	= Lebar pondasi (m)
L	= Panjang Pondasi (m)
D_f	= Kedalaman pondasi (m)
γ	= Berat volume tanah (t/m^3)
c	= kohesi tanah (t/m^2)
N_c, N_q, N_γ	= Koefisien daya dukung

2.12 Dasar Perencanaan Pondasi Tiang Pancang

Pondasi suatu bangunan berfungsi untuk memindahkan beban-beban pada struktur atas ke tanah. Substruktur ini meliputi pondasi dan balok penghubung. Pondasi tiang pancang berfungsi untuk memindahkan beban-beban dari konstruksi di atasnya ke lapisan tanah yang lebih dalam. Pemilihan pondasi ini didasarkan atas:

- Fungsi bangunan atas yang akan dipikul oleh pondasi tersebut
- Besarnya beban dan beratnya bangunan atas
- Keadaan tanah dimana bangunan tersebut akan didirikan

Pondasi tiang pancang umumnya digunakan apabila struktur tanah yang akan dibangun mempunyai kemungkinan untuk bergeser atau labil. Selain itu juga pondasi jenis ini biasa digunakan apabila terdapat sebuah drainase di bawah tanah.

Pertimbangan lain terhadap penggunaan pondasi tiang adalah jika lapisan tanah dibawah permukaan sampai lapisan keras terdiri atas tanah lunak yang tebal sehingga jika dipakai pondasi langsung, biaya penggalian atau pemindahan tanah lunak itu lebih mahal dari pada biaya pondasi tiang pancang itu sendiri. Disamping itu dapat dipergunakan untuk pondasi suatu bangunan apabila tanah dasar dibawah bangunan tersebut mempunyai daya dukung (*bearing capacity*) yang cukup untuk memikul beban di atasnya. (SARDJONO 1996).

2.12.1 Analisis Daya Dukung Pondasi Tiang Pancang

1. Daya dukung berdasarkan kekuatan bahan

$$P_{\text{tiang}} = \phi P_n \text{ maks} = 0,85 \cdot \phi (0,85 \cdot F_c \times (A_g - A_{st}) + f_y \cdot A_{st}) \dots\dots\dots (13)$$

Keterangan:

$\phi P_n \text{ maks}$ = Kekuatan yang diijinkan pada tiang pancang (kg) Atiang

(A_g) = Luas penampang tiang pancang (mm^2)

Atulangan (A_{st}) = Luas tulangan tiang pancang (mm^2)

2. Daya dukung tiang pancang berdasarkan data sondir (CPT/Cone

Penetration Test)

$$P = (q_c \times A_p)/3 + (JHL \times K_a)/5 \dots\dots\dots (14)$$

Keterangan:

P = Daya dukung tiang pancang ijin (kg)

Q_c = Nilai konus (kg/cm^2)

A_p = Luas penampang tiang pancang (cm^2)

K_a = Keliling penampang tiang (cm)

JHL = Jumlah hambatan lekat

SF = Safety Factor : 3 dan 5

3. Daya dukung tiang pancang berdasarkan Data (SPT/ Standar Penetration Test)

$$Q_u = (40 \times N_b \times A_p) \dots\dots\dots (15)$$

Keterangan:

Q_u = Daya dukung batas pondasi tiang pancang

N_b = nilai N-SPT rata-rata pada elevasi dasar tiang pancang

$N_b = (N_1 + N_2)/2$

N_1 = Nilai SPT pada kedalaman 3D pada ujung tiang ke bawah

N_2 = Nilai SPT pada kedalaman 8D pada ujung tiang ke atas

A_p = luas penampang dasar tiang pancang (m^2)

$Q_{si} = q_s \times A_{si}$

Keterangan:

Q_{si} = Tahanan limit gesek kulit

$Q_s = 0,2N \rightarrow$ untuk tanah pasir

0.5N → untuk tanah lempung

Asi = keliling penampang tiang x tebal lapisan

4. Daya Dukung Tiang Pancang (SPT)

$$P = (Q_u + Q_{si})/3 \dots \dots \dots (16)$$

Dari hasil ke tiga perhitungan di atas nanti, daya dukung ijin tiang pancang yang akan dipergunakan adalah nilai daya dukung terkecil.

2.12.2 Perhitungan Jumlah Tiang Pancang

$$n = \sum \frac{V}{N} \dots \dots \dots (17)$$

Dimana:

n = Jumlah tiang

$\sum V$ = Gaya vertikal (kg)

N = Kemampuan satu tiang pancang (kg)

2.12.3 Efisiensi Kelompok Tiang

Menurut Coduto (1983), efisiensi tiang bergantung pada beberapa faktor, yaitu :

1. Jumlah, panjang, diameter, susunan dan jarak tiang.
2. Model transfer beban (tahanan gesek terhadap tahanan dukung ujung).
3. Prosedur pelaksanaan pemasangan tiang.
4. Urutan pemasangan tiang
5. Macam tanah.
6. Waktu setelah pemasangan.
7. Interaksi antara pelat penutup tiang (*pile cap*) dengan tanah.
8. Arah dari beban yang bekerja.

Persamaan untuk menghitung efisiensi kelompok tiang adalah sebagai berikut

1. Conversi – Labarre

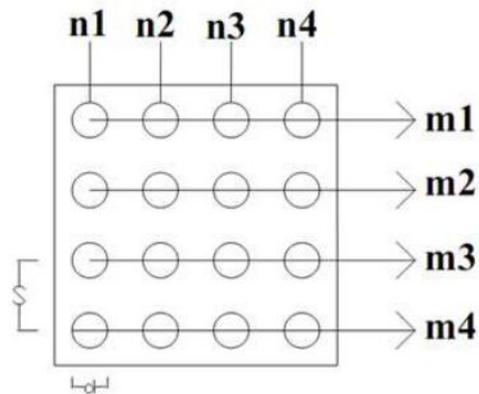
$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn}$$

Dengan :

E_g = Efisiensi kelompok tiang

- $\theta = \text{arc tg } d/s$, dalam derajat
 $m =$ Jumlah baris tiang
 $n =$ Jumlah tiang dalam satu baris
 $d =$ Diameter tiang
 $s =$ Jarak pusat ke pusat tiang

Untuk perletakan baris kelompok tiang dapat dilihat pada Gambar 19.



Gambar 19. Baris kelompok tiang

2. Los Angeles Group – Action Formula

$$E_{LA} = 1 \cdot \frac{D}{\pi \cdot S \cdot m} \left[m \cdot (n-1) + (m-1) + \sqrt{2(m-1)(n-1)} \right]$$

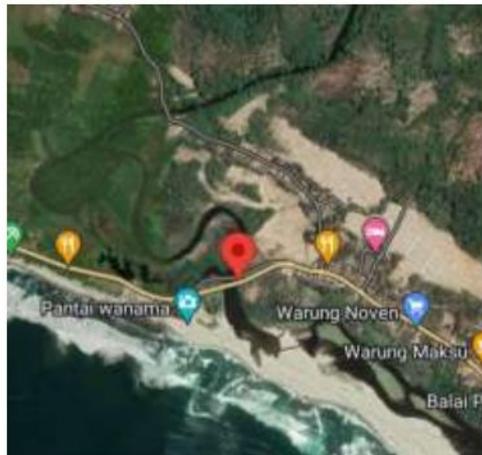
Dengan :

- $m =$ Jumlah baris tiang
 $n =$ Jumlah tiang dalam satu baris
 $d =$ Diameter tiang
 $s =$ Jarak pusat ke pusat tiang

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian

Jembatan Way Magnay terletak pada ruas jalan provinsi jurusan : Krui–Biha, Km. TLB 291 + 900 atau tepatnya di Kabupaten Pesisir Barat. Jembatan ini dapat dicapai dengan kendaraan roda empat dalam waktu tempuh \pm 5 jam dari Bandar Lampung



Gambar 20. Lokasi penelitian

3.2 Data–data perencanaan

Pengumpulan data merupakan sarana terpenting dalam menyelesaikan suatu masalah secara ilmiah. Dalam pengumpulan data, peran instansi yang terkait juga sangat diperlukan sebagai pendukung dalam memperoleh data-data yang diperlukan. Pengumpulan data didapatkan melalui literasi berupa Tugas Akhir perencanaan jembatan Way Magnay terdahulu dengan penulis Bp. Mohd Isneini dan selanjutnya data tersebut digunakan kembali untuk perhitungan ulang jembatan Way Magnay menggunakan peraturan terbaru.

3.2.1 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh dari pihak terkait antara lain:

1. Data Tanah (SPT)

Data tanah yang diperoleh pada lokasi jembatan tersebut, digunakan untuk merencanakan pondasi dan pilar yang sesuai pada tanah tersebut.

2. Data Gambar Perencanaan

Gambar perencanaan jembatan meliputi keseluruhan bagian atau struktur pada jembatan tersebut dari bangunan bawah jembatan yaitu pondasi, pilar dan sampai dengan bangunan atas jembatan yaitu gelagar, plat lantai kendaraan, sandaran dan trotoar.

Metode yang digunakan selama proses perhitungan sebagai berikut :

1. Pembebanan pada jembatan sesuai dengan SNI 1725 – 2016
2. Kombinasi beban gempa sesuai dengan SNI 1725 – 2016
3. Analisis pembebanan struktur bangunan atas menggunakan program bantu SAP 2000
4. Perencanaan Struktur Beton Bertulang untuk Jembatan (Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga, 2008)

3.2.2 Data Struktur

1. Tipe Jembatan : Jembatan Beton Bertulang
2. Panjang Jembatan : 50 m
3. Lebar Jembatan : 6,42 m
4. Tebal Lantai Trotoar : 0.2 m
5. Lebar Jalur Lalu Lintas : 4,5 m
6. Lebar Trotoar : 2 x 0,8 m

3.3 Tahapan Penelitian

Dalam perencanaan jembatan tahapan pertama yang harus dipersiapkan adalah pengambilan data proyek seperti data tanah dan data gambar. Setelah pengambilan data gambar lalu dilakukan pengkajian gambar jembatan guna untuk mengetahui acuan perencanaan, perhitungan dan juga desain jembatan yang akan di ajukan oleh penulis. Perhitungan dan perencanaan dilakukan dengan tahapan-tahapan sebagai berikut :

1. Perhitungan Pembebanan

Perhitungan pembebanan merupakan proses awal untuk perencanaan jembatan, perhitungan ini bertujuan untuk menghitung beban rencana yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan tersebut yang mengacu pada (SNI 1725-2016).

2. Perhitungan Plat Lantai, Trotoar dan Sandaran

Perhitungan plat lantai, trotoar, dan sandaran merupakan struktur atas dari jembatan yang berfungsi untuk menampung beban-beban yang di timbulkan oleh lalu lintas kendaraan, pejalan kaki atau beban lainnya yang mengacu pada perhitungan pembebanan.

3. Perencanaan Dimensi Gelagar

Perhitungan pada perencanaan gelagar ini berfungsi untuk menerima beban-beban yang bekerja di bagian atas konstruksi jembatan dan menyalurkan ke bangunan bawahnya.

4. Perencanaan Diafragma

Perencanaan diafragma menggunakan *simple beam*, yaitu diafragma dianggap berdiri sendiri sehingga hanya menerima beban berat sendiri. Adapun fungsinya sebagai pengunci dan pengaku antar girder agar tidak terjadi guling.

5. Perhitungan Jumlah Tulangan

Pada tahapan selanjutnya setelah didapatkan gaya dalam dan telah ditentukan baja tulangan yang digunakan maka kita dapat mencari jumlah tulangan yang digunakan.

6. Perhitungan Pilar

Perhitungan Pilar berfungsi untuk menyalurkan beban vertikal dari bangunan atas ke pondasi yang bertujuan untuk menentukan bentuk pilar, pembebanan pilar, stabilitas pilar dan dimensi tulangan pilar.

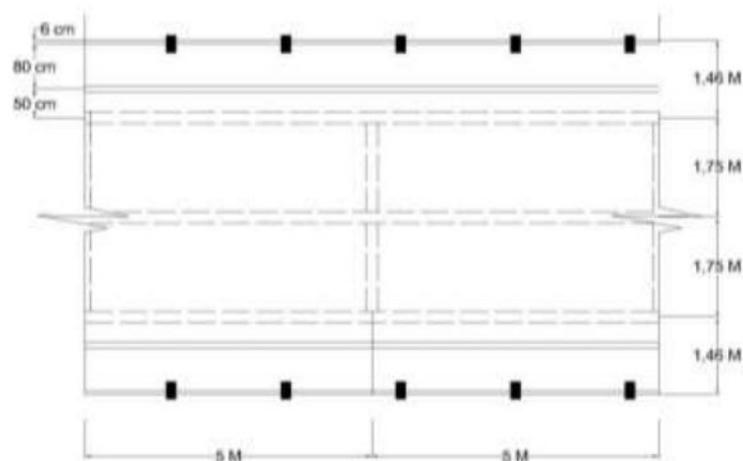
7. Perencanaan Dimensi Pondasi

Perencanaan pondasi di tinjau terhadap pembebanan vertikal dan lateral, dimana berdasarkan data tanah di ketahui bahwa lapisan tanah keras berada pada lapisan dalam.

3.4 Tahapan Analisis Jembatan

Pada pemodelan dilakukan desain sesuai kriteria desain jembatan yang ada, dengan panjang bentang 2 x 25 m dan lebar jembatan 6,42 m dan material yang digunakan pada penelitian ini adalah beton bertulang. Berikut ini adalah tahapan pemodelan struktur jembatan yang akan dianalisis.

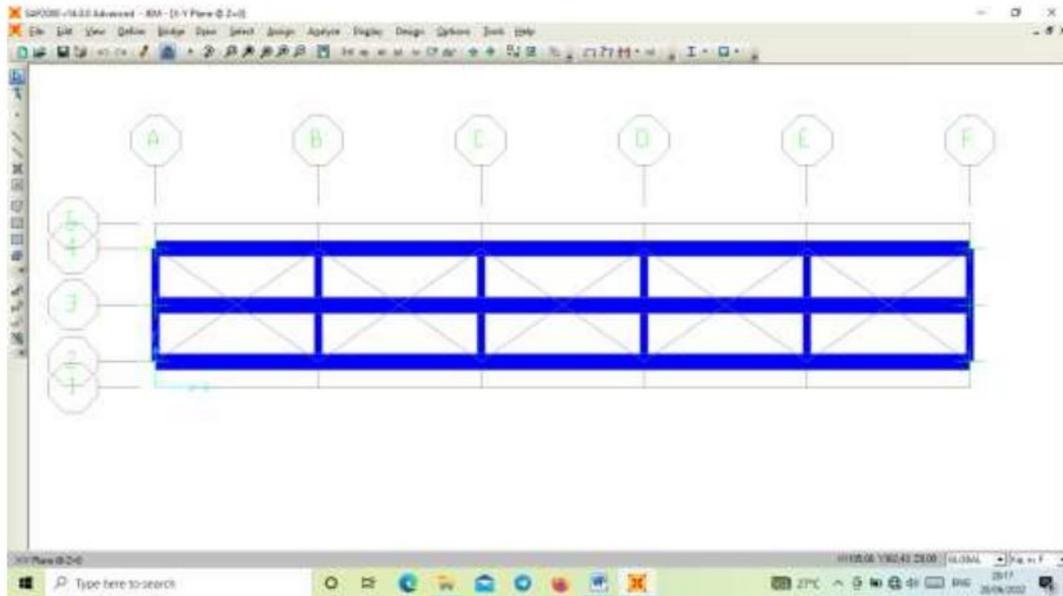
- a. Mengumpulkan data-data teknis jembatan sebagai langkah awal memulai pemodelan pada *software* SAP2000 V.14.
- b. Menggambar desain jembatan di AutoCAD 2016 untuk mengetahui gambaran struktur jembatan. Desain tampak atas jembatan Way Magnay dapat dilihat pada Gambar 21.



Gambar 21. Tampak atas jembatan

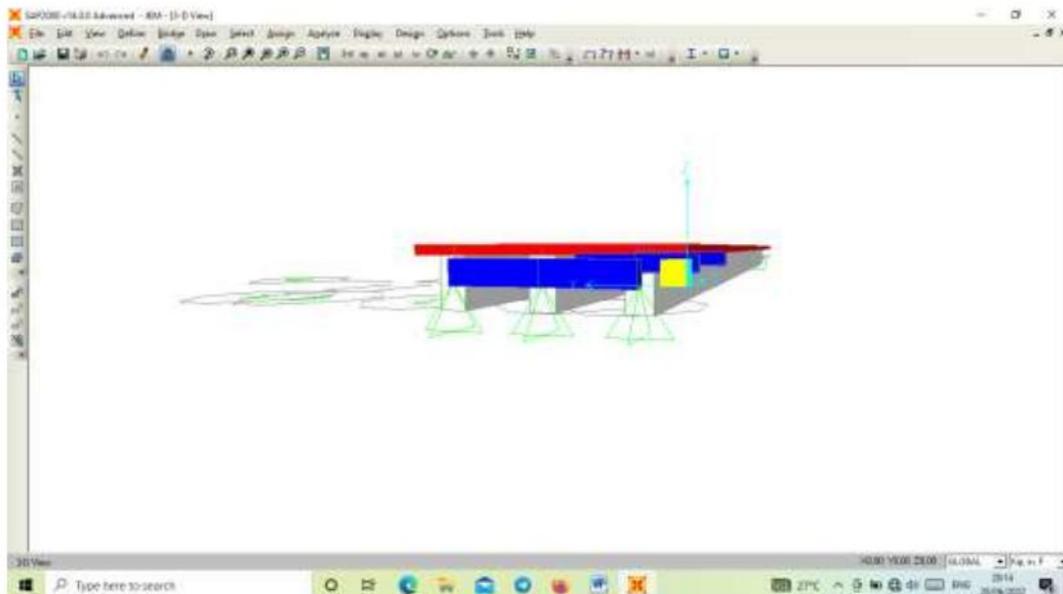
- c. Melakukan perhitungan pembebanan yang akan di-*input* pada pemodelan struktur jembatan pada program analisis.
- d. Memodelkan *software* SAP2000 V.14. Menentukan material dan jenis beton pada masing-masing bagian pada jembatan dengan *software* SAP2000 V.14.
- e. Memasukkan beban-beban yang telah dihitung pada model struktur yang telah dimodelkan pada *software* SAP2000 V.14. Beban-beban yang di-*input* antara lain :
 1. Beban Permanen
 - Berat Sendiri
 - Beban Mati Tambahan
 2. Beban Lalu Lintas
 - Beban Lajur “D”
 - Beban Truk “T”
 - Beban Pejalan Kaki
 3. Aksi Lingkungan
 - Beban Angin
 - Beban Gempa
- f. Menentukan kombinasi pembebanan yang akan di-*input* pada model struktur jembatan yang telah dibuat pada *software* SAP2000 V.14. Kombinasi pembebanan dilakukan untuk menentukan beban maksimum yang bekerja dari semua beban-beban yang di-*input* pada model struktur jembatan.
- g. Mengecek model struktur jembatan yang telah dibuat pada *software* SAP2000 V.14. Hal penting yang harus dicek adalah jenis dan dimensi material beton yang dimodelkan serta beban-beban yang bekerja pada jembatan.
- h. Melakukan “*Run Analysis*” untuk mendapatkan *output*/hasil analisis struktur dari pemodelan jembatan yang telah dibuat.

Pemodelan struktur atas jembatan pada program analisis *software* SAP2000 V.14 ditampilkan pada Gambar 22.



Gambar 22. Tampak atas jembatan pada SAP2000 V.14

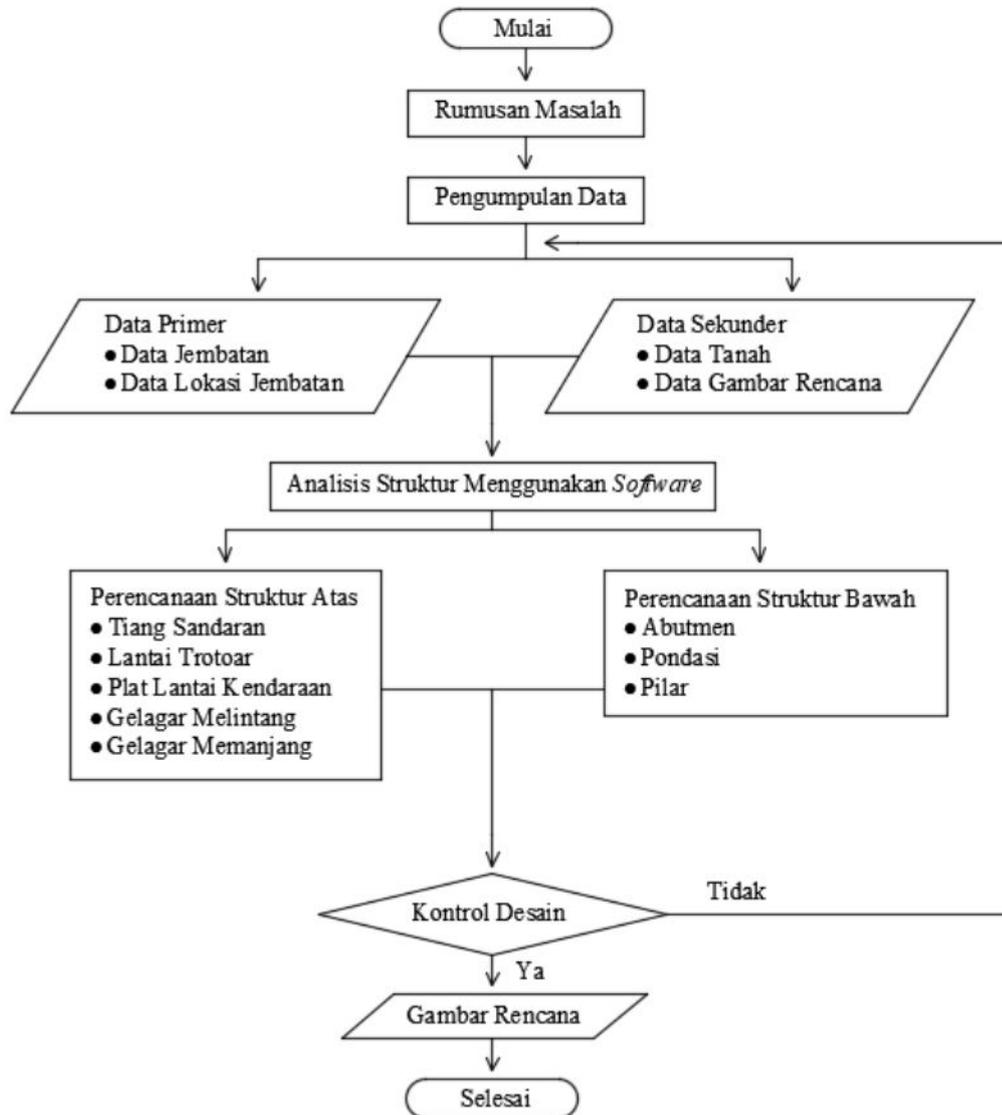
Pemodelan struktur 3D jembatan pada program analisis *software* SAP2000 V.14 ditampilkan pada Gambar 23.



Gambar 23. Tampak 3D jembatan

3.5 Bagan Alir

Adapun bagan alir atau gambaran jalannya rangkaian perencanaan jembatan Way Magnay diberikan dalam Gambar 24.



Gambar 24. Bagan alir perencanaan jembatan

V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh setelah melakukan analisis perencanaan ulang konstruksi jembatan beton bertulang bentang 2 x 25 m penghubung Krui–Biha Kabupaten Pesisir Barat menggunakan SNI 1725-2016 tentang Pembebanan untuk Jembatan dengan perhitungan sebelumnya yang menggunakan PPPJIR 1987 adalah sebagai berikut :

1. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan SNI 1725-2016 diperoleh tulangan pokok gelagar melintang 4D25 dan tulangan geser $\emptyset 10$ -350 mm. Sedangkan perhitungan sebelumnya (PPPJIR 1987) menggunakan tulangan tarik 5 $\emptyset 10$, tulangan tekan 2 $\emptyset 8$ dan tulangan geser $\emptyset 6$ -250 mm. Hal ini juga berlaku untuk elemen struktur jembatan yang lainnya.
2. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan SNI 1725-2016 jumlah lajur yang diperbolehkan pada jembatan adalah satu lajur sedangkan pada perhitungan sebelumnya (PPPJIR 1987) menggunakan dua lajur
3. Terdapat kenaikan beban pada peraturan SNI 1725-2016 yang dapat dilihat berikut ini :
 - a. Nilai beban BTR semula 2,2 t/m' menjadi 9 kPa
 - b. Nilai beban BGT semula 12 t/m menjadi 49 kN/m
 - c. Berat gandar pada truk "T" semula 10 ton menjadi 112,5 kN

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan oleh penulis setelah melakukan analisis perencanaan ulang konstruksi jembatan beton bertulang bentang 2 x 25 m penghubung Krui–Biha Kabupaten Pesisir Barat menggunakan SNI 1725-2016 tentang peraturan Pembebanan untuk Jembatan adalah sebagai berikut :

1. Untuk melengkapi data suatu perencanaan konstruksi jembatan khususnya pada bangunan bawah, maka sangat diperlukan adanya data-data hasil penyelidikan tanah seperti :
 - a) Data sondir
 - b) Data boring
 - c) Sudut geser tanah
 - d) Berat jenis tanah
2. Dalam penggunaan *software* SAP2000 perlu ketelitian agar mendapatkan hasil yang akurat sebagai alternatif analisis
3. Untuk mencapai perencanaan yang baik dan benar maka diperlukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap
4. Dalam pengumpulan data sebaiknya dilakukan peninjauan lokasi secara langsung agar mendapatkan data yang lebih akurat.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1992. "Bridge Management System Section 1", Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 2008. *Perencanaan Struktur Beton Bertulang Untuk Jembatan*. Direktorat Jendral Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta
- Anonim, 2016. *SNI 1725-2016 Pembebanan Untuk Jembatan*. Badan Standar Nasional.
- Anonim, 2016. *SNI 2833:2016 Perencanaan Jembatan Terhadap Beban Gempa*, Badan Standar Nasional.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1987. *Pedoman Perencanaan Pembebanan Jembatan dan Jalan Raya (PPPJJR)*. Jakarta.
- Iqbal M, A. (1995). *Dasar-dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. PT Mediatama Saptakarya, DPU.
- Isneini, (1994). *Perencanaan Jembatan Way Magnay di Ruas Jalan Krui-Biha Kabupaten Lampung Barat*. Tugas Akhir Teknik Sipil. Universitas Lampung
- Sardjono, H. S., (1996). *Pondasi-Tiang-Pancang (untuk Universitas dan Umum)*. Sinar Wijaya, Surabaya.
- Sardjono, H. S., (1998). *Pondasi Tiang Pancang Jilid 1*. Penerbit Sinar Wijaya.
- Sosrodarsono, S., Nakayawa K., & Taulu L. (2000). *Mekanika Tanah dan Teknik Pondasi Suyuno*. PT Pradnya Pramita.
- Supriyadi, B. (2007). *Jembatan*. Beta offset. Yogyakarta
- Supriyadi, B., & Muntohar S. A., (2007). *Jembatan*. Beta offset. Yogyakarta