

ANALISIS STRUKTUR PELAT LANTAI JEMBATAN PADA PROYEK JALAN TOL TEBING TINGGI – INDERAPURA

SKRIPSI

OLEH:

SARAH RIZKI HAFIZHA

168110058



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2021

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

ANALISIS STRUKTUR PELAT LANTAI JEMBATAN PADA PROYEK JALAN TOL TEBING TINGGI – INDERAPURA

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Sipil
Universitas Medan Area

SKRIPSI

OLEH:

SARAH RIZKI HAFIZHA

168110058



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

2021

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 15/12/21

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS STRUKTUR PELAT LANTAI JEMBATAN PADA PROYEK JALAN TOL TEBING TINGGI – INDERAPURA

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Universitas Medan Area

SARAH RIZKI HAFIZHA

168110058

PEMBIMBING I

PEMBIMBING II

Ir. H. Edy Hermanto, MT

Ir. Amsuardiman, MT

DEKAN FAKULTAS TEKNIK



Dr. Ir. Dina Maizana, MT

FAKULTAS TEKNIK PROGRAM STUDI



Susilawati, S.Kom, M.Kom

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

Document Accepted 15/12/21

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Access From (repository.uma.ac.id)15/12/21

SURAT PERNYATAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sarah Rizki Hafizha

NPM : 168110058

Program studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Analisis Struktur Pelat Lantai Jembatan Pada Proyek
Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

Dengan ini menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar sarjana disuatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya yang pernah ditulis dan diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam skripsi dan disebut dalam referensi Apabila dikeudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar maka saya sanggup menerima hukuman sanksi apapun sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Medan, Oktober 2021



Sarah Rizki Hafizha
Sarah Rizki Hafizha
NPM. 168110058

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR/ SKRIPSI / TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Medan Area , saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Sarah Rizki Hafizha

NPM : 168110058

Program studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan , menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area, **Hak bebas Royalti Noneksklusif (Non-exclusive Royalty-Free Right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul : Analisis Struktur Pelat Lantai Jembatan Pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura, beserta perangkat yang ada (jika diperlukan) . Dengan hak bebas royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan , merawat dan mempublikasikan tugas akhir skripsi saya selama tetap mencantumkan nanasaya sebagai penulis /pencipta dan sebagai pemilik hak cipta .
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Medan

Pada tanggal, Oktober 2021



Sarah Rizki Hafizha

NPM. 168110058

ABSTAK

Analisis struktur pelat lantai jembatan ini menggunakan konstruksi beton bertulang pada pelat lantai jembatannya. Pembebanan pelat lantai jembatan dan perencanaan struktur beton untuk pelat lantai mengacu pada SNI1725:2016 (peraturan pembebanan untuk jembatan) dan RSNI T-12-2004 (perencanaan struktur beton untuk jembatan). Tujuannya adalah untuk mengetahui kebutuhan tulangan lentur pada pelat lantai jembatan dan nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan yang sudah terlaksana diproyek jalan tol tebing tinggi – inderapura dengan perhitungan struktur pelat lantai jembatan sesuai SNI T-02-2005 (standar pembebanan untuk jembatan) dan RSNI T-12-2004 (perencanaan struktur beton untuk jembatan). Permasalahan yang diambil adalah analisis struktur pelat lantai jembatan. Analisis struktur pelat lantai jembatan tersebut meliputi *Deck* slab, *Barrier* tepi, dan *Barrier* tengah. Perencanaannya meliputi tulangan lentur positif dan negatif. Beban yang dianalisis meliputi beban hidup, beban lalu lintas, beban gaya rem, beban pengaruh temperatur, beban gempa dan beban akibat angin. Dari hasil analisis, dihasilkan variasi penulangan untuk masing-masing elemen struktur yang dalam analisis telah memenuhi syarat kekuatan dan keamanan struktur. Untuk pelat lantai jembatan digunakan pelat dengan tebal 250 mm, *barrier* tepi memiliki tebal 250 mm, tinggi 1400 mm, *barrier* tepi memiliki tebal 300 mm, tinggi 800 mm.

Kata Kunci : Analisis, Pelat lantai jembatan, tulangan

ABSTRACT

Structural analysis of the bridge floor slab using reinforced concrete construction on the bridge floor slab. Loading of bridge floor slabs and planning of concrete structures for floor slabs refers to SNI1725:2016 (loading regulations for bridges) and RSNI T-12-2004 (planning of concrete structures for bridges). The aim is to determine the need for flexural reinforcement on the bridge floor slab and the value of the deflection that occurs in the bridge floor slab that has been implemented in the high cliff - Indrapura toll road project by calculating the bridge floor slab structure according to SNI T-02-2005 (loading standards for bridges) and RSNI T-12-2004 (planning of concrete structures for bridges). The problem taken is the analysis of the bridge floor slab structure. Analysis of the structure of the bridge floor slab includes deck slab, edge barrier, and middle barrier. The design includes positive and negative flexural reinforcement. Loads analyzed include live loads, traffic loads, brake force loads, temperature effects, earthquake loads and wind loads. From the results of the analysis, the variation of reinforcement for each structural element in the analysis has met the requirements for strength and structural safety. For the bridge floor slabs, a slab with a thickness of 250 mm is used, the edge barrier has a thickness of 250 mm, a height of 1400 mm, the edge barrier has a thickness of 300 mm, a height of 800 mm.

Keywords: Analysis, Bridge floor slabs, reinforcement

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas berkat dan karunianya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi serta penulis mengucapkan syukur telah diberikan pengetahuan, kesehatan, pengalaman, dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Semoga proposal skripsi ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas dan menjadi sumbangan pemikiran kepada pembaca khususnya para mahasiswa Universitas Medan Area.

Penulisan skripsi ini tidak akan terlaksana dengan baik tanpa adanya bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng., M.Sc, Rektor Universitas Medan Area.
2. Ibu Dr. Ir. Dina Maizana, M.T., Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom., Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
4. Bapak Hermansyah, S.T, M.T., Sekretaris Program Studi Teknik Sipil Universitas Medan Area.
5. Bapak Ir. H. Edy Hermanto, M.T., Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
6. Bapak Ir. Amsuardiman , M.T., Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
7. Seluruh staff dan pekerja Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura PT.Hutama Karya.

8. Orang tua dan adik saya yang memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Hidayah Ryiski yang selalu bersedia menemani dan mendukung penulis dalam proses pengerjaan skripsi dan bimbingan skripsi.
10. Nur Purnana Sari yang memberikan masukan dan menemani dalam proses penelitian skripsi.
11. Nur Indah Syafna Marpaung dan Yuli Pratiwi yang memberi dukungan dalam pengerjaan skripsi.
12. Rekan-rekan mahasiswa Universitas Medan Area, khususnya Program Studi Teknik Sipil yang mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi.
13. Seluruh pihak yang membantu dan mendukung penulis dalam menyelesaikan skripsi ini, yang tidak bisa disebutkan satu persatu namanya.

Penulis sudah menyajikan skripsi ini dengan baik, namun penulis merasa masih banyak kekurangan, sehingga penulis meminta masukannya demi perbaikan di masa yang akan datang dan mengharapkan kritik dan saran dari para pembaca.

Medan, 13 Oktober 2021



Sarah Rizki Hafizha

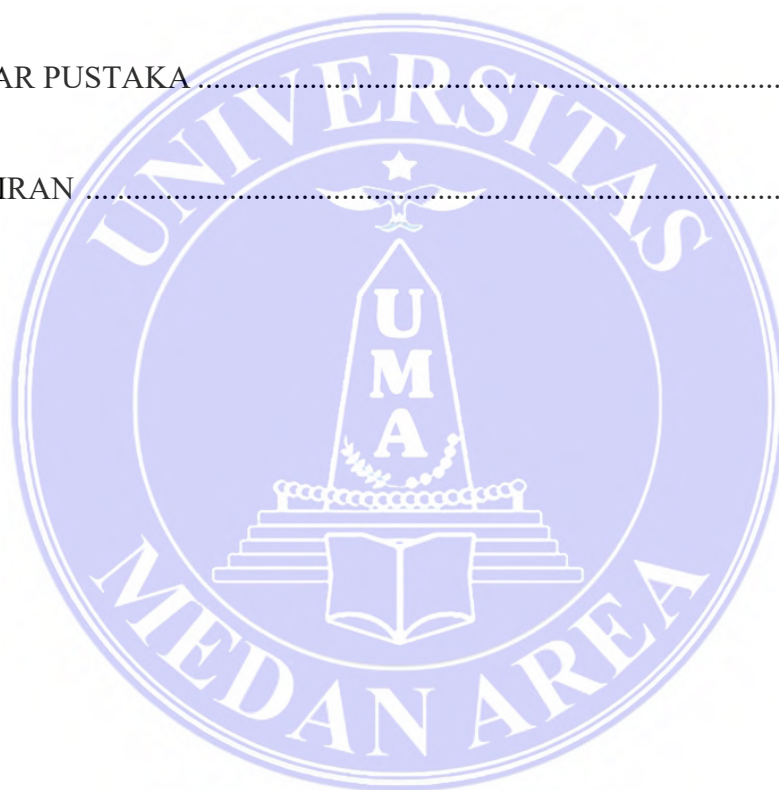
DAFTAR ISI

ABSTAK.....	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI.....	xii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Lelakang	1
1.2. Perumusan Masalah	2
1.3. Batasan Masalah	3
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Defenisi Jembatan	4
2.2 Bagian-Bagian Jembatan	4
2.2.1 Struktur Atas Jembatan.....	4
2.2.1.1 <i>Barrier</i>	5
2.2.1.2 Pelat Lantai Jembatan.....	6
2.2.1.3 Gelagar Memanjang (Girder)	6
2.2.1.4 Gelagar Melintang (Daifragma)	7
2.2.1.5 Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang).....	8
2.2.1.6 Tumpuan (baering)	8
2.2.1.7 Pelat Injak	9
2.2.2 Struktur Bawah Jembatan	10
2.2.2.1 Pondasi.....	10
2.2.2.2 <i>Abutment</i>	14
2.2.2.3 Pilar	14

2.3	Klasifikasi Jembatan	15
2.3.1	Klasifikasi jembatan menurut keberadannya (tetap/dapat digerakkan)	15
2.3.2	Klasifikasi jembatan menurut fungsinya	22
2.3.3	Klasifikasi jembatan berdasarkan lamanya waktu penggunaan	24
2.4	Bentuk dan Tipe Jembatan.....	25
2.4.1	Jembatan Lengkung-Batu (<i>stone arch bridge</i>)	25
2.4.2	Jembatan Rangka (<i>truss bridge</i>)	26
2.4.3	Jembatan Gantung (<i>suspension bridge</i>).....	26
2.4.4	Jembatan Hausbans (<i>cable stayed</i>)	27
2.5	<i>Floor Deck</i> /Bondek.....	28
2.6	Pembebanan pada Pelat Lantai Jembatan	29
2.6.1	Berat Sendiri (MS).....	29
2.6.2	Beban Mati Tambahan/Utilitas (MA).....	30
2.6.3	Beban Lalu Lintas	30
2.6.4	Gaya Rem	33
2.6.5	Beban Angin	34
2.6.6	Beban Gempa.....	35
2.6.7	Beban Temperatur.....	36
2.7	Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan	37
2.8	Momen Pada Pelat Lantai Jembatan.....	41
2.8.1	Akibat berat sendiri (QMS)	41
2.8.2	Akibat beban mati tambahan (QMA)	42
2.8.3	Akibat beban truk (T) dan angin (PEW).....	42
2.8.4	Akibat temperatur	43
2.9	Pelat Lantai Jembatan	43
2.10	Perencanaan Pelat Lantai Jembatan Terhadap Lentur	44
2.10.1	Perencanaan Dimensi Tampang	45
2.10.1.1	Tebal minimum untuk balok atau pelat satu arah	45
2.10.1.2	Tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok penumpu	47

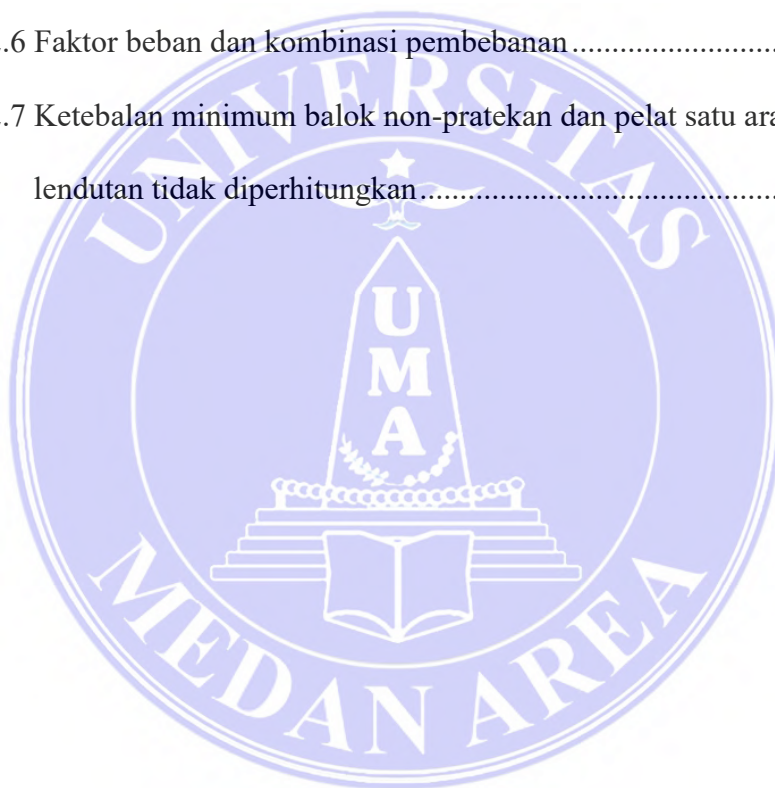
2.10.2 Analisis Gaya Dalam	48
2.10.2.1 Analisis balok dan pelat satu arah diatas banyak tumpuan	48
2.10.2.2 Analisis pelat dua arah	49
2.10.3 Tulangan Minimum	49
2.10.4 Syarat Tulangan Maksimum.....	50
2.10.5 Jarak Tulangan.....	51
2.10.6 Detail Tulangan Lentur.....	51
2.10.7 Penyebaran Tulangan untuk Pelat Lantai	53
BAB III. METODOLOGI PENELITIAN	54
3.1 Lokasi Proyek	54
3.2 Data yang Diperlukan	55
3.3 Sumber Data.....	55
3.4 Tahapan Penelitian	56
3.5 Diagram Alir Penelitian	60
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	62
4.1 Hasil Analisis	62
4.2 Data-data	62
4.3 Perhitungan Pelat Bondek	63
4.4 Pembebanan Pelat Lantai Jembatan	66
4.4.1 Berat Sendiri	66
4.4.2 Beban Mati Tambahan	67
4.4.3 Beban Lalu Lintas.....	68
4.4.4 Gaya Rem	69
4.4.5 Beban Angin	69
4.4.6 Beban Gempa	71
4.4.7 Beban Temperatur	72
4.5 Momen Pelat Lantai Jembatan	73
4.6 Kombinasi Pembebanan.....	75
4.7 Analisis Pelat Lantai Jembatan	76

4.7.1 Tulangan Lentur	76
4.7.2 Kontrol Lendutan Pelat	83
4.8 Perhitungan <i>Barrier</i> Tepi	86
4.9 Perhitungan <i>Barrier</i> Tengah	90
4.10 Pembahasan.....	94
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	96
5.1 Kesimpulan	96
5.2 Saran.....	96
DAFTAR PUSTAKA	97
LAMPIRAN	99



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Faktor beban untuk berat sendiri.....	30
Tabel 2.2 Faktor beban untuk beban mati tambahan	30
Tabel 2.3 Jumlah lajur lalu lintas rencana.....	31
Tabel 2.4 Tekanan angin dasar.....	34
Tabel 2.5 Temperatur jembatan rata-rata nominal	36
Tabel 2.6 Faktor beban dan kombinasi pembebanan.....	40
Tabel 2.7 Ketebalan minimum balok non-pratekan dan pelat satu arah bila lendutan tidak diperhitungkan.....	46



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Barrie/parapet	5
Gambar 2.2 Pelat Lantai Jembatan	6
Gambar 2.3 Gelagar memanjang/Girder	7
Gambar 2.4 Gelagar melintang/Diafragma	7
Gambar 2.5 Ikatan pengaku (angin) jembatan	8
Gambar 2.6 Tumpuan jembatan	9
Gambar 2.7 Pelat injak jembatan	9
Gambar 2.8 Pondasi tiang pancang jembatan	13
Gambar 2.9 <i>Abutment</i> jembatan	14
Gambar 2.10 Pilar jembatan	15
Gambar 2.11 Jembatan kayu	16
Gambar 2.12 Jembatan baja	16
Gambar 2.13 Jembatan beton bertulang balok T	17
Gambar 2.14 Jembatan pelat beton	18
Gambar 2.15 Jembatan beton prategang	18
Gambar 2.16 Jembatan batu	19
Gambar 2.17 Jembatan komposit	20
Gambar 2.18 Jembatan angkat	20
Gambar 2.19 Jembatan lipat <i>strauss</i>	21
Gambar 2.20 Jembatan jalan raya	22
Gambar 2.21 Jembatan jalan rel	23
Gambar 2.22 Jembatan talang air	23

Gambar 2.23 Jembatan untuk menyebrangkan pipa	24
Gambar 2.24 Jembatan lengkung batu	25
Gambar 2.25 Jembatan rangka	26
Gambar 2.26 Jembatan gantung	27
Gambar 2.27 Jembatan kabel	27
Gambar 2.28 Detail Pelat Komposit Bondek	29
Gambar 2.29 Beban Lajur “D”	32
Gamabr 2.30 Pembebanan Truk “T”	33
Gambar 2.31 Momen akibat berat sendiri	41
Gambar 2.32 Momen akibat beban mati tambahan	42
Gambar 2.33 Momen akibat beban truk dan Angin	42
Gambar 2.34 Momen akibat temperatur	43
Gambar 2.35 Pelat lantai jembatan	17
Gambar 3.1 Peta lokasi Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura	54
Gambar 4.1 Tampak samping jembatan	62
Gambar 4.2 Tampak depan jembatan	62
Gambar 4.3 Denah <i>Floor Deck</i>	63
Gambar 4.4 Detail Pelat Komposit Bondek	64
Gambar 4.5 Beban Lajur “D”	67
Gambar 4.6 Pembebanan Truk “T”	68
Gambar 4.7 Denah penulangan pelat lantai jembatan	74
Gambar 4.8 Tampak depan tulangan	80
Gambar 4.9 Tampak atas tulangan	81

DAFTAR NOTASI

θ	: Kuat nominal; diameter tulangan.
ϕ	: Faktor reduksi kekuatan.
U	: Kuat perlu.
M_n	: Kuat nominal momen rencanaa.
V_U	: Kuat nominal gaya geser rencana.
f_y	: Tegangan leleh rencana baja.
f_c'	: Mutu beton.
A_s	: Luas penampang tulangan.
μ	: Koefisien nilai faktor daktilitas.
T	: Periode / waktu getar bangunan.
V	: Gaya geser dasar horizontal.
C	: Koefisien gempa dasar.
I	: Momen inersia pnampang yang menahan beban luar terfaktor yang bekerja.
W	: Berat total bangunan.
ρ	: Perbandingan tulangan
D	: Diameter tulangan.
L	: Panjang jembatan.
M_{ru}	: Momen dukung pelat
Q	: Total beban.
M	: Momen
ρ_{maks}	: Rasio tulangan maksimum.

R : Faktor jenis struktur.

γ : Faktor beban

α : Koefisien muai temperatur

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

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

V_B : Kecepatan angin rencana yaitu 90 hingga 126 km/jam pada elevasi 1000 mm, yang akan menghasilkan tekanan

Z : Elevasi struktur diukur dari permukaan tanah atau dari permukaan air dimana beban angin dihitung ($Z > 10000$ mm)

V_0 : Kecepatan gesekan angin, yang merupakan karakteristik meteorologi, untuk berbagai macam tipe permukaan di hulu jembatan (km/jam)

Z_0 : Panjang gesekan di hulu jembatan, yang merupakan karakteristik meteorologi.

P_B : Tekanan angin dasar

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pelat lantai jembatan adalah elemen struktur yang mendukung beban hidup maupun beban mati dan menyalurkannya ke girder dan selanjutnya ke struktur bawah pada jembatan. Masalah utama dalam perencanaan pelat lantai jembatan adalah lendutan. Lendutan yang tidak diperhitungkan dengan baik pada saat pembangunan sebuah struktur akan menyebabkan struktur mengalami lendutan yang melebihi batas toleransi sehingga bukan hanya menyebabkan kurang aman bagi pengguna tetapi retak yang besar dari yang diizinkan (Christiawam, 2011), (Rosyidah, Wirateneya, & Pattisia, 2010), (Triwiyono, A., 2006).

Masalah ini dapat disebabkan antara lain karena kesalahan pada perencanaan dimensi dan tulangan sehingga tulangan yang dipasang tidak cukup menahan beban yang bekerja. Selain itu, penyebab lainnya adalah penggunaan bahan/material yang kurang baik pada saat pemasangan tulangan, sehingga dapat mengurangi kekuatan pelat lantai jembatan yang menggunakan beton bertulang. Pada dasarnya perencanaan pelat lantai jembatan yang baik adalah apakah pelat lantai jembatan tersebut cukup kuat menahan beban yang bekerja atau tidak. Karena dalam perencanaan tersebut akan dihasilkan besaran dimensi dan tulangan yang seharusnya digunakan. Bila perhitungan keliru atau mengalami kesalahan

dapat menyebabkan perbedaan dimensi dan penulangan dari hasil perhitungan yang seharusnya dipasang di lapangan.

Dengan mengambil penelitian pada proyek jembatan interchange jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura maka akan dilakukan analisis pelat lantai jembatan menggunakan SNI 1725:2016 dan RSNI T-12-2004 untuk mengetahui apakah dengan material dan dimensi tulangan yang digunakan cukup menahan lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan, dan apakah lendutan yang terjadi aman. Selain itu untuk mengetahui keefektifan menggunakan *floor deck*/pelat bondek sebagai material *deck slab* pada pelat lantai jembatan, maka dari itu saya tertarik untuk menganalisis dengan judul ini karena biasanya *deck slab* pada pelat lantai jembatan jalan tol menggunakan *RC Plate/precast* sehingga dapat mengetahui perbedaan dalam penggunaannya.

1.2 Perumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana ke efektifan penggunaan *floor deck*/pelat bondek pada pelat lantai jembatan?
2. Berapakah nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan?
3. Apakah nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan aman?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mengarahkan pembahasan ini agar tidak menyimpang dari sasaran yang ingin dituju, maka perlu membuat batasan ruang lingkup permasalahan. Sebagai pembatasan masalah ini adalah :

1. Tidak menghitung struktur PC-I Girder
2. Tidak menghitung *deck drain*
3. Tidak menghitung expansion joint pada pelat lantai jembatan

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuannya dari penelitian ini adalah mengetahui kebutuhan nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan dan mengetahui keefektifan penggunaan pelat bondek pada pelat lantai jembatan menggunakan metode SNI 1725:2016 dan RSNI T-12-2004.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah Agar dapat mengetahui keefektifan penggunaan pelat bondek pada pelat lantai jembatan dan mengetahui pembebanan, perhitungan tulangan serta nilai lendutan yang terjadi dalam perencanaan plat lantai jembatan pada konstruksi sehingga dapat menerapkan ilmu yang didapat terhadap dunia kerja pada nantinya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Defenisi Jembatan

Jembatan merupakan salah satu bangunan pelengkap sarana transportasi jalan yang menghubungkan suatu tempat ke tempat yang lain, yang dapat dilintasi oleh sesuatu benda yang bergerak misalnya suatu lintas yang terputus akibat rintangan atau sebab lainnya, yang orang ataupun kendaraan darat tidak memungkinkan menyeberangnya, sehingga diperlukan perencanaan jembatan. Jembatan memiliki struktur bawah dan stkruktu atas.

Sedangkan menurut Wikipedia bahasa Indonesia Jembatan merupakan struktur yang dibuat untuk untuk menyebrangi jurang atau rintangan seperti sungai, rel kereta api ataupun jalan raya. Jembatan juga merupakan bagian dari infrastruktur transportasi darat yang sangat vital dalam aliran perjalanan (<http://id.m.wikipedia.org/wiki/Jembatan>).

2.2 Bagian – Bagian Jembatan

2.2.1 Struktur Atas Jembatan

Bagian struktur atas terletak dibagian atas kontruksi yang langsung menerima beban meliputi berat sendiri, beban mati, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaraan, beban truk, gaya rem, ataupun beban pejalan kaki yang kemudian beban dari struktur tersebut ditransfer ke pondasi atau tapak. Berikut ini merupakan bagian-bagian dari struktur bangunan atas, yaitu:

2.2.2.1 Barrier

Barrier/parapet yang merupakan bagian struktur jembatan yang dipasang di bagian tepi samping sepanjang bentang jembatan berfungsi sebagai pengaman untuk pejalan kaki yang lewat diatas trotoar, juga merupakan konstruksi pelindung bila terjadi kecelakaan lalu-lintas. Parapet biasanya dilengkapi dengan pipa sandaran.

Barrier memiliki fungsi sebagai tiang penyangga ditepian jembatan. Hal ini dibutuhkan untuk menjaga keselamatan dan keamanan pengguna jembatan. Barrier juga berfungsi sebagai pembatas jalan yang dirancang untuk konstruksi permanen. Tiang sandaran memiliki fungsi dalam segi teknis jembatan yaitu perletakan untuk pipa sandaran.



Gambar 2.1 Barrier/Parapet
Sumber: PT. CALVARY ABADI

2.2.2.2 Pelat Lantai Jembatan.

Bagian dari konstruksi jembatan yang memikul beban akibat jalur lalu lintas secara langsung untuk kemudian disalurkan kepada konstruksi di bawahnya. Pelat lantai jembatan memerlukan saluran atau *Deck Drain* untuk mengalirkan air hujan dengan cepat. Maka dari itu, permukaan pelat lantai diberi kemiringan sebesar 2% ke arah kiri dan kanan tepi jalan. Pelat lantai jembatan ditopang oleh gelagar memanjang (Girder) dan diperkuat dengan gelagar melintang (Diafragma).



Gambar 2.2 Pelat lantai jembatan
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

2.2.2.3 Gelagar Memanjang (Girder).

Gelagar memanjang atau girder merupakan komponen yang menahan pelat lantai jembatan secara memanjang. Selain itu girder juga akan mendukung semua beban yang bekerja pada struktur atas jembatan. Beban – beban yang bekerja pada struktur atas jembatan tersebut selanjutnya akan ke pondasi.



Gambar 2.3 Gelagar memanjang/Girder
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

2.2.2.4 Gelagar Melintang (Diafragma).

Elemen struktur ini terletak pada struktur atas jembatan yang letaknya arah melintang. Diafragma berfungsi untuk memberikan ikatan antara girder sehingga akan memberikan kestabilan pada masing girder dalam arah horizontal.



Gambar 2.4 Gelagar melintang/Diafragma
Sumber: Jurnal Teknik Sipil

2.2.2.5 Ikatan pengaku (ikatan angin, ikatan melintang).

Untuk mendapatkan kekakuan jembatan pada arah melintang dan menjaga torsi maka diperlukan dan menjaga torsi maka diperlukan adanya ikatan – ikatan angin pada jembatan berfungsi untuk memberi kekakuan pada jembatan dan meneruskan beban akibat angin kepada portal akhir.



Gambar 2.5 Ikatan pengaku (angin) jembatan
Sumber: Pontianakpost.co.id

2.2.2.6 Tumpuan (bearing).

Merupakan bantalan jembatan yang terbuat dari bahan karet sebagai penyalur beban jembatan. Tujuan penggunaan bantalan karet tersebut adalah untuk mengakomodir gaya yang timbul akibat adanya beban. Gerakan itu sendiri dapat diakibatkan oleh pemuaian, beban hidup, gaya yang ditimbulkan oleh kendaraan, atau gerakan akibat aktifitas seismik seperti gempa bumi.



Gambar 2.6 Tumpuan jembatan
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura

2.2.2.7 Pelat Injak.

Pelat injak adalah suatu konstruksi beton pada jalan pendekat di ujung bibir jembatan (oprit) yang berada sebelum konstruksi utama jembatan. Proses pengerjaannya sama dengan pelat lantai jembatan, yaitu proses pembesian, perakitan, bekisting, dan pengecoran.



Gambar 2.7 Pelat injak jembatan
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

2.2.2 Struktur Bawah Jembatan

Bagian struktur bawah jembatan ini adalah bagian yang mentransfer semua beban akibat dari struktur bagian atas, kemudian disalurkan ke pondasi atau tapak jembatan. Struktur bangunan bawah ini tepat berada di bawah struktur bagian atas. Bagian - bagian yang termasuk bangunan bawah yaitu :

2.2.2.1 Pondasi

Pondasi merupakan bagian dari sebuah jembatan yang meneruskan beban-beban langsung ke atau dari tanah atau batuan/lapisan tanah keras. Berdasarkan sistemnya, pondasi abutment atau pier jembatan dapat di bedakan menjadi beberapa macam jenis, antara lain :

1. Pondasi telapak (spread footing)
2. Pondasi sumuran (Caisson)
3. Pondasi tiang (pile foundation)

Karena dalam perencanaan jembatan ini menggunakan pondasi tiang pancang maka penulis hanya mengulas mengenai pondasi tiang pancang.

1. Penggolongan pondasi tiang pancang.

Pondasi tiang pancang dapat digolongkan berdasarkan pemakaian bahan, cara tiang meneruskan beban dan cara pemasangannya, berikut ini akan dijelaskan satu persatu.

- a. Pondasi tiang pancang menurut pemakaian bahan dan karakteristik strukturnya

Tiang pancang dapat dibagi kedalam beberapa kategori antara lain:

1. Tiang pancang kayu

Tiang pancang kayu ini sangat cocok untuk daerah rawa dan daerah-daerah dimana sangat banyak terdapat hutan kayu seperti daerah Kalimantan, sehingga mudah memperoleh balok/tiang kayu yang panjang dan lurus dengan diameter yang cukup besar untuk digunakan sebagai tiang pancang.

Persyaratan dari tiang pancang tongkat kayu tersebut adalah : bahan kayu yang dipergunakan harus cukup tua, berkualitas baik dan tidak cacat, contohnya kayu berlian. Semula tiang pancang kayu harus diperiksa terlebih dahulu sebelum dipancang untuk memastikan bahwa tiang pancang kayu tersebut memenuhi ketentuan dari bahan dan toleransi yang diijinkan.

2. Tiang pancang beton

- *Precast Reinforced Concrete Pile*

Precast reinforced concrete pile adalah tiang pancang dari beton bertulang yang dicetak dan dicor dalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancarkan. Karena tegangan tarik beton adalah kecil dan praktis dianggap sama dengan nol, sedangkan berat sendiri dari pada beton adalah besar, maka tiang pancang beton ini haruslah dieri penulangan-penulangan yang cukup kuat untuk menahan momen lentur yang akan timbul pada waktu pengangkatan dan pemancangan.

- *Precast Prestressed Concrete Pile*

adalah tiang pancang dari beton prategang yang menggunakan baja penguat dan kabel kawat sebagai gaya prategangnya.

- *Cast in Place Pile*

Pondasi tiang pancang tipe ini adalah pondasi yang di cetak di tempat dengan jalan dibuatkan lubang terlebih dahulu dalam tanah dengan cara mengebor tanah seperti pada pengeboran tanah pada waktu penyelidikan tanah.

3. Tiang pancang baja

Pada umumnya, tiang pancang baja struktur harus berupa profil baja gilas biasa, tetapi tiang pancang pipa dan kotak dapat digunakan. Bilamana tiang pancang pipa atau kotak digunakan, dan akan diisi dengan beton, mutu beton tersebut minimum harus K250. Kebanyakan tiang pancang baja ini berbentuk profil H. Karena terbuat dari baja maka kekuatan dari tiang ini sendiri sangat besar sehingga dalam pengangkutan dan pemancangan tidak menimbulkan bahaya patah seperti halnya pada tiang beton precast. Jadi pemakaian tiang pancang baja ini akan sangat bermanfaat apabila kita memerlukan tiang pancang yang panjang dengan tahanan ujung yang besar.

4. Tiang Pancang Komposit.

Tiang pancang komposit adalah tiang pancang yang terdiri dari dua bahan yang berbeda yang bekerja bersama-sama sehingga merupakan satu tiang. Kadang-kadang pondasi tiang dibentuk dengan menghubungkan bagian atas dan bagian bawah tiang dengan bahan yang berbeda, misalnya dengan bahan beton di atas muka air tanah dan bahan kayu tanpa perlakuan apapun disebelah bawahnya. Biaya dan kesulitan yang timbul dalam pembuatan sambungan menyebabkan cara ini diabaikan.

b. Pondasi tiang pancang menurut pemasangannya

Pondasi tiang pancang menurut cara pemasangannya dibagi dua bagian besar, yaitu:

1. Tiang pancang pracetak

Tiang pancang pracetak adalah tiang pancang yang dicetak dan dicor didalam acuan beton (bekisting), kemudian setelah cukup kuat lalu diangkat dan dipancangkan.

2. Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*)

Tiang yang dicor ditempat (*cast in place pile*) ini menurut teknik penggaliannya terdiri dari beberapa macam cara yaitu :

- Cara penetrasi alas

Cara penetrasi alas yaitu pipa baja yang dipancangkan kedalam tanah kemudian pipa baja tersebut dicor dengan beton.

- Cara penggalian

Cara ini dapat dibagi lagi urut peralatan pendukung yang digunakan antara lain penggalian dengan tenaga manusia dan penggalian dengan tenaga mesin.



Gambar 2.8 Pondasi tiang pancang jembatan
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

2.2.2.2 Abutment

Abutment atau kepala jembatan adalah bagian konstruksi bawah jembatan yang terdapat pada kedua ujung pilar-pilar jembatan yang berfungsi untuk mendukung atau memikul seluruh beban bangunan di atasnya.



Gambar 2.9 *Abutment* jembatan
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura

2.2.2.3 Pilar

Pilar jembatan adalah suatu konstruksi beton bertulang yang menumpu di atas pondasi tiang-tiang pancang yang berfungsi sebagai pemikul antara bentang tepi dan bentang tengah bangunan atas jembatan.



Gambar 2.10 Pilar jembatan
Sumber: Sarjanasipil.my.id

2.3 Klasifikasi Jembatan

Jembatan dapat diklasifikasikan menjadi bermacam-macam jenis/tipe menurut fungsi, keberadaan, material yang dipakai, jenis lantai kendaraan dan lain-lain seperti berikut :

2.3.1 Klasifikasi jembatan menurut keberadaannya (tetap/dapat digerakkan)

Jembatan tetap dapat terbuat dari :

a. Jembatan kayu

Jembatan kayu merupakan jembatan yang berbahan kayu. Jembatan ini biasanya mempunyai panjang relatif pendek dengan beban yang diterima relatif ringan. Meskipun terlihat sederhana, proses pembuatan struktur jembatan kayu harus memperhatikan dan mempertimbangkan ilmu gaya (mekanika) agar jembatan yang dibuat menjadi lebih kokoh.



Gambar 2.11 Jembatan kayu
Sumber: narakata.id

b. Jembatan baja

Jembatan ini berbahan dasar baja sebagai bahan konstruksi utamanya. Jembatan ini umumnya digunakan untuk jembatan dengan bentang yang panjang dengan beban yang diterima cukup besar. Seperti halnya beton pratekan, penggunaan jembatan baja banyak digunakan dan bentuknya lebih bervariasi, karena dengan jembatan baja bentang yang panjang biaya yang harus dikeluarkan menjadi lebih sedikit.



Gambar 2.12 Jembatan baja
Sumber: Jembatan (2007)

c. Jembatan beton bertulang balok T

Jembatan beton bertulang balok T merupakan jembatan yang konstruksinya terbuat dari material utama bersumber dari beton. Jembatan tipe ini digunakan secara luas dalam konstruksi jalan raya, tersusun dari slab beton yang didukung secara integral dengan gelagar.



Gambar 2.13 Jembatan beton bertulang balok T
Sumber: Jembatan (2007)

d. Jembatan pelat beton

Yang dimaksud dengan pelat beton bertulang yaitu struktur tipis yang dibuat dari beton bertulang dengan bidang yang arahnya horizontal, dan beban yang bekerja tegak lurus pada apabila struktur tersebut. Ketebalan bidang pelat ini relatif sangat kecil apabila dibandingkan dengan bentang panjang/lebar bidangnya. Pelat beton ini sangat kaku dan arahnya horisontal, sehingga pada bangunan gedung, pelat ini berfungsi sebagai diafragma/unsur pengaku horizontal yang sangat bermanfaat untuk mendukung ketegaran balok portal.



Gambar 2.14 Jembatan pelat beton
Sumber: situstekniksipil.com

e. Jembatan beton prategang

Jembatan beton prategang (prestressed concrete bridge) Jembatan beton prategang merupakan suatu perkembangan dari bahan beton. Pada Jembatan beton prategang diberikan gaya prategang awal yang dimaksudkan untuk mengimbangi tegangan yang terjadi akibat beban.



Gambar 2.15 Jembatan beton prategang
Sumber: Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura

f. Jembatan batu

Jembatan pasangan batu dan bata merupakan jembatan yang konstruksi utamanya terbuat dari batu dan bata. Untuk membuat jembatan dengan batu dan bata, konstruksi jembatan umumnya dibuat melengkung. Namun sayangnya, seiring perkembangan zaman jembatan ini sudah tidak digunakan lagi.



Gambar 2.16 Jembatan batu
Sumber: Wikipedia

g. Jembatan komposit

Jembatan komposit merupakan sebuah jembatan yang dibuat dari perpaduan dua bahan yang sama ataupun berbeda dengan mempertimbangkan sifat kedua bahan tersebut sehingga dihasilkan struktur jembatan yang lebih kuat. Jembatan ini memiliki pelat lantai beton dihubungkan dengan girder atau gelagar baja yang bekerja sama mendukung beban sebagai satu kesatuan balok. Gelagar baja terutama menahan tarik sedangkan plat beton menahan momen lendutan.



Gambar 2.17 Jembatan komposit
Sumber: Jembatan (2007)

Jembatan yang dapat digerakkan (umumnya dari baja) :

a. Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar, seperti :

1. Jembatan angkat

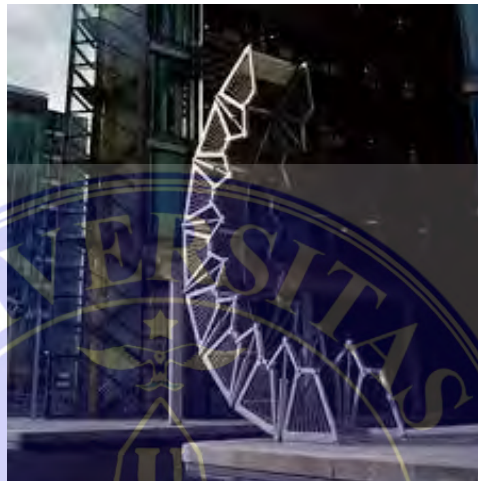
Jembatan angkat atau jembatan tarik adalah jenis jembatan bergerak yang biasanya berada dipintu masuk kasil atau menara pada zaman dahulu. Saat ini ada beberapa negara yang memanfaatkan sungai sebagai sarana angkutan barang.Maka jembatan angkat diperlukan ketika ada kapal pengangkat barang melintasi sungai.



Gambar 2.18 Jembatan angkat
Sumber: struktur.ub.ac.id

2. Jembatan lipat *strauss*

Jembatan lipat *strauss* adalah jembatan lipat yang digunakan untuk beberapa kondisi ada daerah, contohnya seperti pada lingkungan pabrik atau industri lainnya.



Gambar 2.19 Jembatan lipat *strauss*
Sumber: Wikipedia

- b. Jembatan yang dapat berputar diatas poros mendatar dan yang dapat berpindah sejajar mendatar,
- c. Jembatan yang dapat berputar di atas poros tegak atau jembatan putar,
- d. Jembatan yang dapat bergeser ke arah tegak lurus atau mendatar

2.3.2 Klasifikasi jembatan menurut fungsinya

Klasifikasi jembatan menurut fungsinya adalah :

1. Jembatan jalan raya

Jembatan jalan raya (highway bridge) Jembatan yang direncanakan untuk memikul beban lalu lintas kendaraan baik kendaraan berat maupun ringan. Jembatan jalan raya ini menghubungkan antara jalan satu ke jalan lainnya.



Gambar 2.20 Jembatan jalan raya
Sumber: timesindonesia.co.id

2. Jembatan jalan rel

Jembatan jalan rel adalah jembatan yang diatas pelatnya terdapat rel, pembangunannya diperuntukkan jalan lintas kereta api, MRT atau LRT. Hal ini dikarenakan dapat menghemat lahan dan mempercepat waktu tempuh transportasi.



Gambar 2.21 Jembatan jalan rel
Sumber: yusronsayoga.com

3. Jembatan untuk talang air

Jembatan talang air adalah jembatan yang dibangun diatas talang air, jembatan ini biasanya diperuntukkan agar mudah memperbaiki talang air ketika terjadi kerusakan atau yang lainnya, biasa sering berada di hutan-hutan pegunungan.



Gambar 2.22 Jembatan talang air
Sumber: Wikipedia

4. Jembatan untuk menyeberangkan pipa-pipa (air, minyak, gas)

Jembatan ini dibangun untuk menyeberangkan pipa-pipa, dapat berupa air, minyak ataupun gas. Hal ini dikarenakan suatu daerah terhalangi oleh sungai yang mana pada kondisi tersebut tidak dapat hanya dengan menimbun pipa untuk menyambungkan antar daerah.



Gambar 2.23 Jembatan untuk menyeberangkan pipa
Sumber: sarjanasipil.my.id

2.3.3 Klasifikasi jembatan berdasarkan lamanya waktu penggunaan :

1. Jembatan sementara/darurat, merupakan jembatan yang penggunaannya hanya bersifat sementara, sampai terselesaikannya pembangunan jembatan permanen
2. Jembatan semi permanen yaitu jembatan sementara yang dapat ditingkatkan menjadi jembatan permanen, misalnya dengan cara mengganti lantai jembatan dengan bahan/material yang lebih baik/awet, sehingga kapasitas serta umur jembatan menjadi bertambah baik,

3. Jembatan permanen, merupakan jembatan yang penggunaannya bersifat permanen serta direncanakan mempunyai umur pelayanan tertentu (misal dengan umur rencana 50 tahun).

2.4 Bentuk dan Tipe Jembatan

Menurut Supriyadi dan Muntohar (2007), jembatan yang berkembang hingga saat ini dapat diklasifikasikan dalam beberapa bentuk struktur atas jembatan, seperti yang diuraikan berikut ini.

2.4.1 Jembatan Lengkung-Batu (*stone arch bridge*)

Jembatan pelengkung (busur) dari bahan batu, ditemukan pada masa Babylonia. Pada perkembangannya pengaplikasian pembuatan jembatan ini semakin ditinggalkan dan saat ini hanya berupa sejarah.



Gambar 2.24 Jembatan lengkung batu
Sumber: Jembatan (2007)

2.4.2 Jembatan Rangka (*truss bridge*)

Jembatan rangka dapat terbuat dari kayu atau logam. Jembatan rangka kayum (*wooden truss*) termasuk tipe klasik yang sudah banyak tertinggal mekanika bahannya. Jembatan rangka kayu hanya dibuat untuk mendukung beban yang tidak terlalu besar. Pada perkembangannya setelah ditemukan bahan baja, tipe rangka mulai menguinakan rangka baja dengan berbagai macam bentuk.



Gambar 2.25 Jembatan rangka
Sumber: Cable Stayed Bridges (1999)

2.4.3 Jembatan Gantung (*suspension bridge*)

Dengan semakin majunya teknologi dan semakin banyak tuntutan kebutuhan transportasi, manusia mengembangkan tipe jembatan gantung, yaitu dengan memanfaatkan kabel-kabel baja. Tipe ini sering digunakan untuk jembatan bentang panjang. Pertimbangan pemakaian tipe jembatan gantung adalah dapat dibuat untuk bentang panjang tanpa pilar ditengahnya. Jembatan gantung merupakan jenis jembatan yang digunakan untuk betang-bentang besar yaitu antara 500 m sampai 2000 m atau 2 km.



Gambar 2.26 Jembatan gantung
Sumber: pu.go.id

2.4.4 Jembatan Haubans (*cable stayed*)

Jembatan tipe ini sangat baik dan menguntungkan bila digunakan untuk jembatan bentang panjang. Kombinasi penggunaan kabel dan dek beton prategang merupakan keunggulan dari jembatan tipe ini. Besar bentang maksimum untuk jembatan kabel sekitar 500 m sampai 900 m.



Gambar 2.27 Jembatan kabel
Sumber: Jurnal Teknik Sipil

2.5 *Floor Deck/ Bondek*

Bondek merupakan baja galvanis yang memiliki daya tahan tinggi dan berfungsi ganda dalam konstruksi pelat beton, yakni sebagai penyangga permanen juga sebagai penulangan searah positif dengan ketebalan 0,75 – 1 mm.

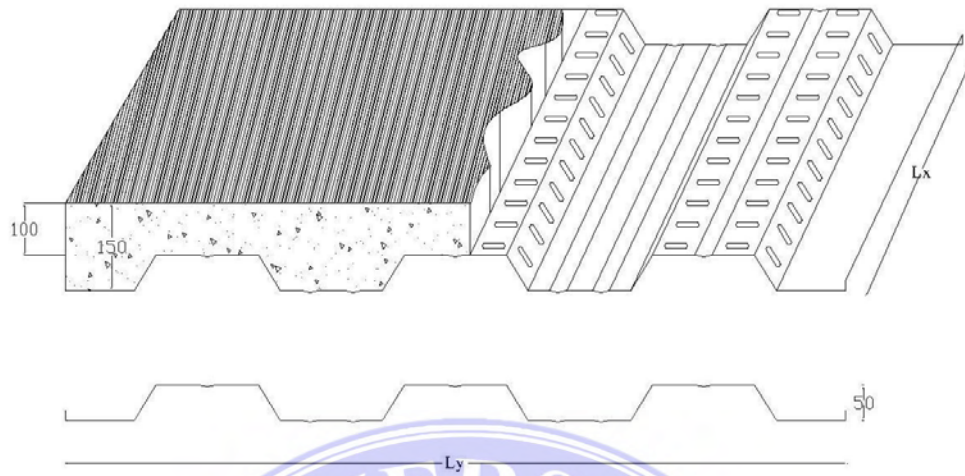
Bondek sebagai bahan penulangan positif satu arah pada pelat lantai beton. Lembaran panel berbentuk gelombang ini jika dikombinasikan dengan campuran beton akan membentuk suatu sistem yang sempurna.

Kelebihan atau keunggulan penggunaan bondek :

1. Penggunaan bondek sebagai material pelapis cor beton, tidak perlu dibuka atau dilepas setelah cor beton mengering.
2. Dapat menghemat waktu pengerjaan pembuatan bekisting.
3. Hasil cor akan terlihat lebih rapi dan tidak ada keluhan cor pelat beton bocor karena pelat bondek begitu rapat dan anti bocor.

Kekurangan atau kelemahan penggunaan bondek :

1. Pelat bondek agak sulit dipotong
2. Pemasangan bondek harus dilakukan oleh tenaga ahli yang telah berpengalaman.
3. Dalam proses pemasangan sambungan antara sisi bondek harus menggunakan las listrik guna menguatkan sambungan.



Gambar 2.28 Detail Pelat Komposit Bondek
Sumber: Jurnal Teknik Sipil

2.6 Pembebanan pada Pelat Lantai Jembatan

Perhitungan beban – beban yang bekerja pada struktur plat lantai jembatan pada penelitian ini sesuai pada SNI 1725:2016. Beban – beban yang bekerja pada struktur plat lantai jembatan :

2.6.1 Berat Sendiri (MS)

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari 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 non-struktural yang dianggap tetap.

Tabel 2.1 Faktor beban untuk berat sendiri

Tipe Beban	Faktor Beban (Y_{MS})			
	Keadaan Batas Layan (Y_{MS}^S)	Keadaan Batas Ultimit (Y_{MS}^U)		
	Bahan	Biasa	Terkurangi	
Tetap	Baja	1,00	1,10	0,90
	Aluminium	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

2.6.2 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 berupa beban lapisan aspal (*overlay*) + beban air hujan, dan lain-lain.

Tabel 2.2 Faktor beban untuk beban mati tambahan

Tipe Beban	Faktor Beban (Y_{MA})			
	Keadaan Batas Layan (Y_{MA}^S)	Keadaan Batas Ultimit (Y_{MA}^U)		
	Keadaan	Biasa	Terkurangi	
Tetap	Umum	1,00	2,00	0,70
	Khusus	1,00	1,40	0,80

Catatan (1) : Faktor beban layan sebesar 1,3 digunakan untuk berat utilitas

sumber : SNI 1725:2016

2.6.3 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 lajur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-

iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur “D” yang bekerja tergantung pada lebar lajur kendaraan itu sendiri. Beban truk “T” adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Hanya satu truk “T” diterapkan per lajur lalu lintas rencana.

Secara umum, beban “D” akan menjadi beban penentu dalam perhitungan jembatan yang mempunyai bentang panjang, sedangkan beban “T” digunakan untuk bentang pendek dan rantai kendaraan.

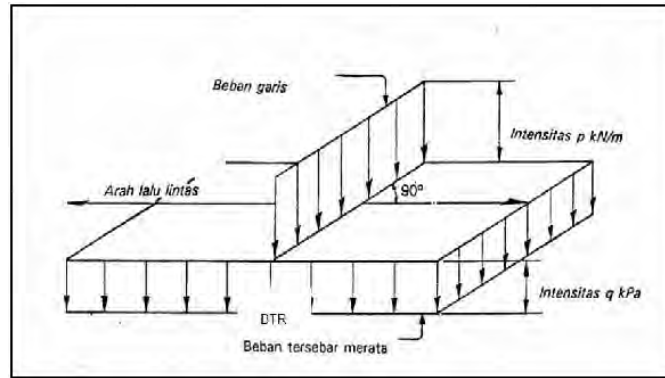
Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Jumlah lajur lalu lintas rencana

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (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
	$w \geq 15,250$	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 lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.		
Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau median untuk banyak arah.		

Sumber : SNI 1725:2016

Beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabungkan dengan beban garis (BGT) seperti terlihat dalam Gambar 2.25.



Gambar 2.29 Beban lajur “D”
Sumber : SNI 1725:2016

Beban terbagi rata (BTR) mempunyai intensitas q kPa, dimana besarnya q tergantung pada panjang total yang dibebani L seperti berikut :

$$L \leq 30 \text{ m} : q = 9,0 \text{ kPa} \quad \text{Persamaan 2.1}$$

$$L > 30 \text{ m} : q = 9,0 (0,5 + 15/L) \text{ kPa} \quad \text{Persamaan 2.2}$$

dimana :

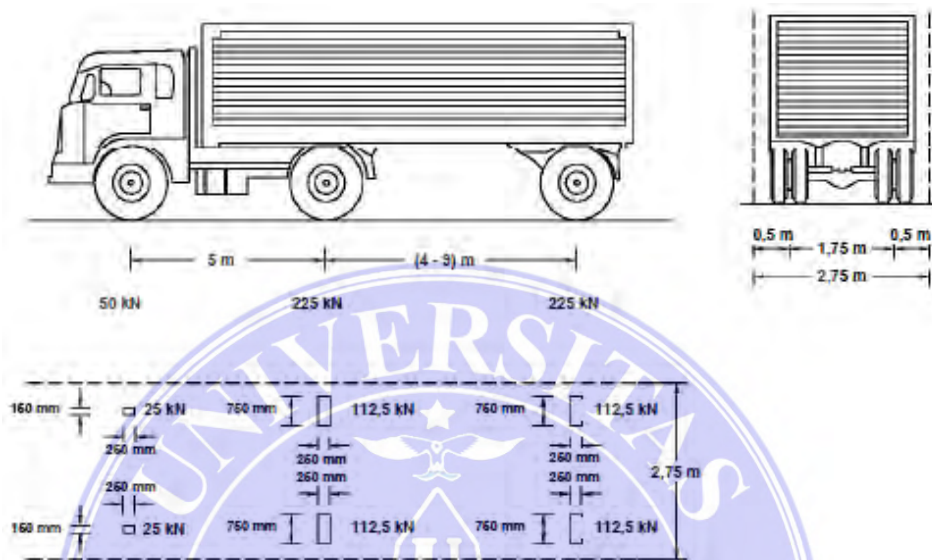
q = Intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan

L = Panjang jembatan (m)

Beban garis (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.

Pembebanan truk “T” terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang mempunyai susunan dan berat gandar , berat dari masing-masing gandar disebarkan menjadi 2 beban merata sama besaryang merupakan bidang kontak

antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diganti antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan. Untuk pembebanan truk "T" (500kN) dapat dilihat pada Gambar 2.26.



Gambar 2.30 Pembebanan truk "T"
Sumber : SNI 1725:2016

2.6.4 Gaya Rem

Gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem harus ditinjau. 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 harus diasumsikan untuk bekerja secara horizontal pada jarak 1800 mm diatas 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 untuk menghitung gaya rem.

2.6.5 Beban Angin

Tekanan angin rencana harus dikerjakan baik pada struktur jembatan maupun pada kendaraan yang melintasi jembatan. Jembatan harus direncanakan memikul gaya akibat tekanan angin pada kendaraan, dimana tekanan tersebut harus diasumsikan sebagai tekanan menerus sebesar 1,46 N/mm, tegak lurus dan bekerja 1800 mm di atas permukaan jalan. Dengan tidak adanya data yang lebih tepat, tekanan angin rencana dalam MPa dapat ditetapkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_D = P_B \left(\frac{V_{DZ}}{V_B} \right)^2 \quad \text{Persamaan 2.3}$$

Keterangan : P_B adalah tekanan angin dasar seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.4 (MPa).

Tabel 2.4 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

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.

2.6.6 Beban Gempa

Jembatan harus direncanakan agar memiliki kemungkinan kecil untuk runtuh namun dapat mengalami kerusakan yang signifikan dan gangguan terhadap pelayanan akibat gempa.

Beban gempa diambil sebagai gaya horizontal yang ditentukan berdasarkan perkalian antara koefisien respon elastik (C_{sm}) dengan berat struktur ekuivalen yang kemudian dimodifikasi dengan faktor modifikasi respon (R_d) dengan formulasi sebagai berikut :

$$E_Q = \frac{C_{sm}}{R_d} \times W_t \quad \text{Persamaan 2.4}$$

dimana :

E_Q = Gaya gempa horizontal statis (kN)

C_{sm} = Koefisien respons gempa elastis

R_d = Faktor modifikasi respon

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

2.6.7 Beban Temperatur

Besaran rentang simpangan akibat beban temperatur (Δ_T) harus berdasarkan temperatur maksimum dan minimum yang didefinisikan dalam desain sebagai berikut :

$$\Delta_T = \alpha L (T_{\max \text{ design}} - T_{\min \text{ design}}) \quad \text{Persamaan 2.5}$$

Keterangan :

L adalah panjang komponen jembatan (mm) α adalah koefisien muai temperatur (mm/mm/°C).

Tabel 2.5 Temperatur jembatan rata-rata nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata 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
CATATAN (1) Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.		

sumber : SNI 1725:2016

2.7 Faktor Beban dan Kombinasi Pembebanan

Faktor beban untuk setiap beban untuk setiap kombinasi pembebanan harus diambil seperti yang ditentukan dalam Tabel 2.6 Perencana harus menyelidiki bagian parsial dari kombinasi pembebanan yang dapat terjadi harus diinvestigasi dimana setiap beban yang diindikasikan untuk diperhitungkan dalam kombinasi pembebanan harus dikalikan dengan faktor bebanyang sesuai. Hasil perkalian harus dijumlahkan sebagaimana ditentukan dan dikalikan dengan faktor pengubah.

Faktor beban harus dipilih sedemikian rupa untuk menghasilkan kondisi ekstrem akibat beban yang bekerja. Untuk setiap kombinasi pembebanan harus diselidiki kondisi ekstrem maksimum dan minimum. Dalam kombinasi pembebanan dimana efek salah satu gaya mengurangi efek gaya yang lain, maka harus digunakan faktor beban terkurangi untuk gaya yang mengurangi tersebut. Untuk beban permanen, harus dipilih faktor beban yang menghasilkan kombinasi pembebanan kritis. Jika pengaruh beban permanen adalah meningkatkan stabilitas atau kekuatan komponen jembatan, maka perencana harus memperhitungkan pengaruh faktor beban terkurangi (minimum).

Komponen dan sambungan pada jembatan harus memenuhi. Untuk kombinasibeban-beban ekstrem seperti yang ditentukan pada setiap keadaan batas sebagai berikut :

Kuat I : Kombinasi pembebanan yang memperhitungkan gaya-gaya yang timbul pada jembatan dalam keadaan normal tanpa memperhitungkan beban angin. Pada keadaan batas ini, semua gaya nominal yang terjadi dikalikan dengan faktor beban yang sesuai.

Kuat II : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan penggunaan jembatan untuk memikul beban kendaraan khusus yang ditentukan pemilik tanpa memperhitungkan beban angin.

Kuat III : Kombinasi pembebanan dengan jembatan dikenai beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Kuat IV : Kombinasi pembebanan untuk memperhitungkan kemungkinan adanya rasio beban mati dengan beban hidup yang besar.

Kuat V : Kombinasi pembebanan berkaitan dengan operasional normal jembatan dengan memperhitungkan beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.

Ekstrem I : Kombinasi pembebanan gempa. Faktor beban hidup γ_{EQ} yang mempertimbangkan bekerjanya beban hidup pada saat gempa berlangsung harus ditentukan berdasarkan kepentingan jembatan.

Ekstrem II : Kombinasi pembebanan yang meninjau kombinasi antara beban hidup terkurangi dengan beban yang timbul akibat tumbukan kapal, tumbukan kendaraan, banjir atau beban hidrolika lainnya, kecuali untuk kasus pembebanan akibat tumbukan kendaraan (*TC*). Kasus pembebanan akibat banjir tidak boleh dikombinasikan dengan beban akibat tumbukan kendaraan dan tumbukan kapal.

Layan I : Kombinasi pembebanan yang berkaitan dengan operasional jembatandengan semua beban mempunyai nilai nominal serta memperhitungkan adanya beban angin berkecepatan 90 km/jam hingga 126 km/jam.Kombinasi ini juga digunakan untuk mengontrol lendutan pada goronggorong baja, pelat pelapis terowongan, pipa termoplastik serta untuk mengontrol lebar retak struktur beton bertulang; dan juga untuk analisis tegangan tarik pada penampang melintang jembatan beton segmental.Kombinasi pembebanan ini juga harus digunakan untuk investigasi stabilitas lereng.

Layan II : Kombinasi pembebanan yang ditujukan untuk mencegah terjadinya pelelehan pada struktur baja dan selip pada sambungan akibat bebankendaraan.

Layan III : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada arah memanjang jembatan beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak dan tegangan utama tarik pada bagian badan dari jembatan beton segmental.

Layan IV : Kombinasi pembebanan untuk menghitung tegangan tarik pada kolom beton pratekan dengan tujuan untuk mengontrol besarnya retak.

Fatik : Kombinasi beban fatik dan fraktur sehubungan dengan umur fatik akibat induksi beban yang waktunya tak terbatas.

Tabel 2.6 Faktor beban dan kombinasi pembebanan

Keadaan Batas	MS	TT	Gunakan salah satu												
			MA	TD	TA	TB	EU	EW _S	EW _L	BF	EU _n	TG	ES	EQ	TC
Kuat I	γ_p	1,80	1,00	-	-	1,00	0,50/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-	-	-	-
Kuat II	γ_p	1,40	1,00	-	-	1,00	0,50/1,21	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-	-	-	-
Kuat III	γ_p	-	1,00	1,40	-	1,00	0,50/1,22	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-	-	-	-
Kuat IV	γ_p	-	1,00	-	-	1,00	0,50/1,23	-	-	-	-	-	-	-	-
Kuat V	γ_p	-	1,00	0,40	-	1,00	0,50/1,24	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-	-	-	-
Ekstrem I	γ_p	γ_{EQ}	1,00	-	1,00	1,00	-	-	-	1,00	-	-	-	-	-
Ekstrem II	γ_p	0,50	1,00	-	-	1,00	-	-	-	-	1,00	1,00	-	-	-
Daya layan I	1,00	1,00	1,00	0,30	-	1,00	1,00/1,20	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-	-	-	-
Daya layan II	1,00	1,30	1,00	-	1,00	1,00	1,00/1,21	-	-	-	-	-	-	-	-
Daya layan III	1,00	0,80	1,00	-	-	1,00	1,00/1,22	γ_{TG}	γ_{ES}	-	-	-	-	-	-
Daya layan IV	1,00	-	1,00	0,70	-	1,00	1,00/1,23	-	1,00	-	-	-	-	-	-
Fatik (TD dan TR)	-	0,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

sumber : SNI 1725:2016

Keterangan :

MS = beban mati komponen struktural dan non struktural jembatan

MA = beban mati perkerasan dan utilitas

TA = gaya horizontal akibat tekanan tanah

PL = gaya-gaya yang terjadi pada struktur jembatan

PR = prategang

SH = gaya akibat susut/rangkak

TB = gaya akibat rem

TR = gaya sentrifugal

TT = beban truk "T"

TD = beban lajur "D"

TP = beban pejalan kaki

EU = beban arus dan hanyutan

EW_S = beban angin pada strukturEW_L = beban angin pada kendaraanEU_n = gaya akibat temperatur seragam

BF = gaya friksi

TC = gaya akibat tumbukan kendaraan

TV = gaya akibat tumbukan kapal

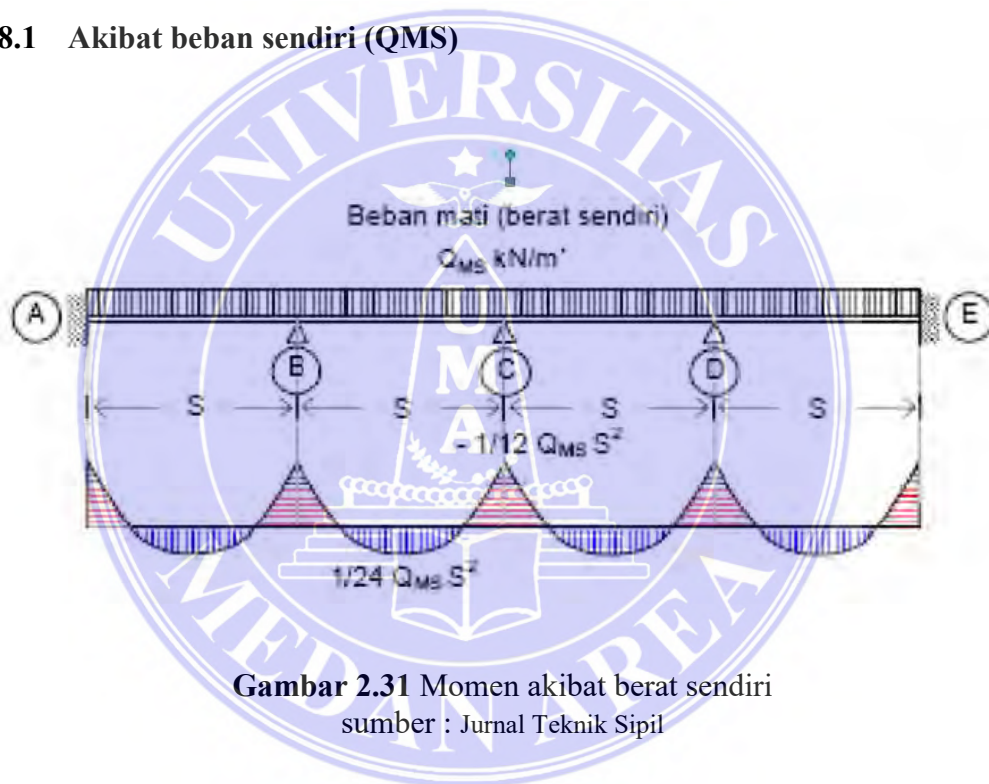
EQ = gaya gempa

 γ_p dapat berupa γ_{MS} , γ_{MA} , γ_{TA} , γ_{PR} , γ_{PL} , γ_{SH} tergantung beban yang ditinjau.

2.8 Momen Pada Pelat Lantai Jembatan

Momen adalah sebuah besaran yang mengatakan besarnya yang menyatakan besarnya gaya pada sebuah benda yang mengakibatkan benda tersebut mengalami gerak rotasi. Momen ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yakni gaya yang diberikan ke lengan gaya dan panjang/jarak sumbu putar dengan letak gaya. Momen yang bekerja pada pelat lantai adalah :

2.8.1 Akibat beban sendiri (QMS)

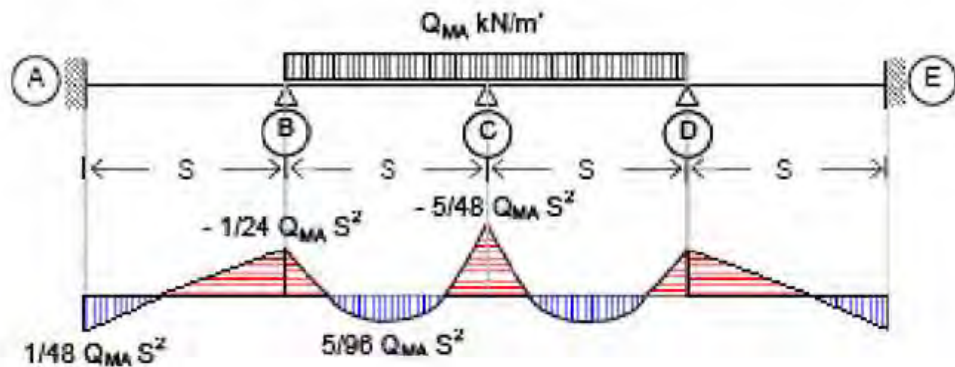


Gambar 2.31 Momen akibat berat sendiri
sumber : Jurnal Teknik Sipil

Momen tumpuan maksimum = $1/12 QMS S^2$

Momen lapangan maksimum = $1/24 QMS S^2$

2.8.2 Akibat beban mati tambahan (QMA)



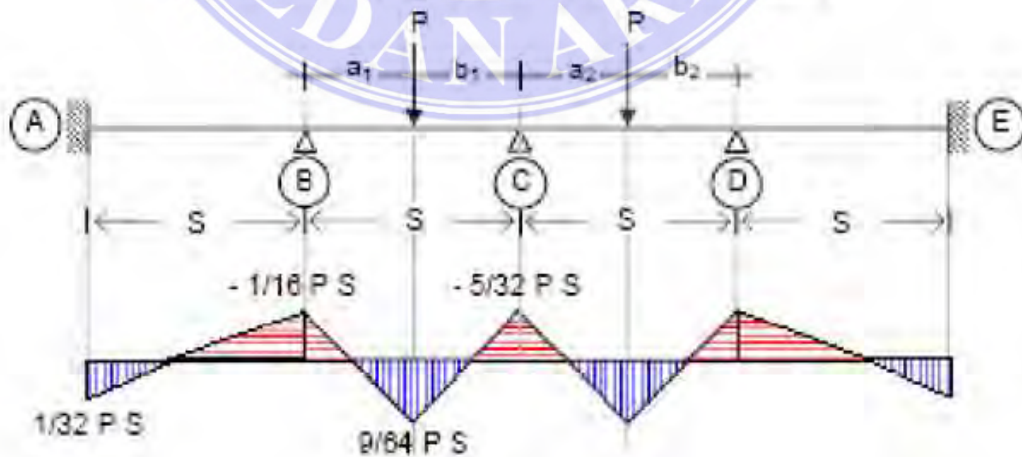
Gambar 2.32 Momen akibat beban mati tambahan
sumber : Jurnal Teknik Sipil

Momen tumpuan maksimum = $5/48 QMA S^2$

Momen lapangan maksimum = $5/96 QMA S^2$

2.8.3 Akibat beban truk (T) dan angin (PEW)

(Momen tumpuan (C) dan lapangan maksimum)

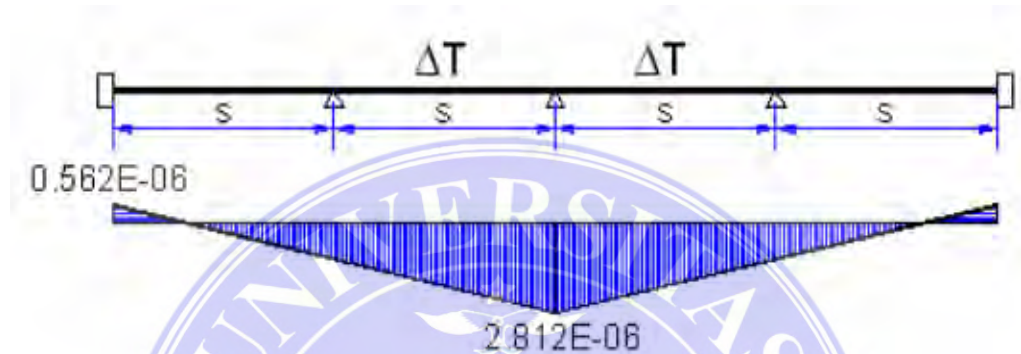


Gambar 2.33 Momen akibat beban truk dan angin
sumber : Jurnal Teknik Sipil

Momen tumpuan maksimum = $5/32 PEW S$

Momen lapangan maksimum = $9/64 PEW S$

2.8.4 Akibat temperatur



Gambar 2.34 Momen akibat temperatur
sumber : Jurnal Teknik Sipil

Momen tumpuan maksimum = $1/4 \Delta T \alpha EI/h$

Momen lapangan maksimum = $7/8 \Delta T \alpha EI/h$

2.9 Pelat Lantai Jembatan

Pelat lantai jembatan adalah bagian dari konstruksi jembatan yang memikul beban akibat jalur lalu lintas secara langsung untuk kemudian disalurkan kepada konstruksi di bawahnya. Lantai ini harus diberi saluran yang baik untuk mengalirkan air hujan dengan cepat. Untuk keperluan ini maka permukaan jalan diberi kemiringan sebesar 2 % ke arah kiri dan kanan tepi jalan. Lantai kendaraan untuk jembatan komposit ditopang oleh gelagar memanjang dan diperkuat oleh

diafragma. Plat lantai merupakan bagian yang menyatu dengan sistem struktur yang lain yang didesain untuk mendistribusikan beban – beban sepanjang bentang jembatan.



Gambar 2.35 Pelat lantai jembatan
sumber : Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura

2.10 Perencanaan Pelat Lantai Jembatan Terhadap Lentur

Pelat lentur merupakan salah satu elemen penting dari struktur bangunan gedung. Pada umumnya bangunan gedung tersusun dari pelat lantai, balok anak, balok induk, kolom, dan pondasi. Idealisasi pelat lentur juga dapat dijumpai pada pelat atap, lantai jembatan maupun pelabuhan. Berdasarkan komponen gaya dalam yang bekerja, pelat lentur dapat dibedakan menjadi dua yaitu: (1) pelat satu arah dimana momen lentur dianggap hanya bekerja pada satu sumbu dengan arah lenturan utama pada arah sisi yang lebih pendek, dan (2) pelat dua arah dimana momen lentur dianggap bekerja pada dua sumbu dengan lenturan terjadi pada dua arah yang saling tegak lurus.

Apabila perbandingan ukuran sisi panjang terhadap sisi pendek pelat lebih besar dari 2 (dua) maka pelat tersebut dapat digolongkan sebagai pelat satu arah,

dengan asumsi perencanaan layaknya elemen balok dengan tinggi setebal pelat dan lebar satu satuan panjang (umumnya diambil 1 meter lebar).

Berdasarkan kondisi tumpuannya, pelat dapat digolongkan menjadi dua yaitu: (1) pelat dengan balok sebagai tumpuan pada masing-masing sisinya, dan (2) pelat tanpa balok penumpu yang seringkali disebut sebagai pelat datar. Pada kasus pelat datar panel pelat langsung ditumpu oleh kolom sehingga muncul kerawanan terhadap timbulnya akumulasi gaya geser setempat yang disebut dengan *pons*, dimana kolom seolah-olah akan menembus panel pelat ke arah atas. Untuk menanggulangi fenomena ini biasanya diberikan penebalan pelat setempat pada posisi kolom, yang selanjutnya disebut sebagai *drop panel* atau dilakukan pembesaran ukuran ujung kolom yang disebut sebagai *kapital kolom* atau kepala kolom. Dengan demikian pelat tanpa balok penumpu dapat dibedakan menjadi dua, yaitu: (1) tanpa penebalan, dan (2) dengan penebalan.

2.10.1 Perencanaan Dimensi Tampang

Komponen struktur beton bertulang yang mengalami lentur harus direncanakan agar mempunyai kekakuan yang cukup untuk membatasi lendutan atau deformasi apapun yang dapat memperlemah kekuatan ataupun mengurangi kemampuan layan struktur pada beban kerja.

2.10.1.1 Tebal minimum untuk balok atau pelat satu arah

Untuk menjamin kekuatan dan kemampuan layan serta menghindariterjadinya retak dan defleksi yang berlebihan pada elemen balok dan pelat satuarah, ketebalan minimum yang dihitungdengan ketentuan berikut:

Tabel 2.7 Ketebalan minimum balok non-pratekan dan pelat satu arah bila lendutan tidak diperhitungkan

Komponen Struktur	Dua Tumpuan sederhana	Satu Ujung Menerus	Kedua Ujung Menerus	Kantilver
Komponen yang Tidak Menahan atau Tidak Disatukan dengan Partisi atau Konstruksi Lain Yang Mungkin Akan Rusak oleh Lendutan Yang Besar				
Pelat Masif Satu Arah	1/20	1/24	1/28	1/10
Balok atau Pelat Rusuk Satu Arah	1/16	1/18,5	1/21	1/8

Catatan: Untuk f_y selain 400 MPa, nilainya harus dikalikan dengan $(0,4 + f_y/700)$

dengan:

l = panjang bentang balok atau pelat satu arah, dengan ketentuan:

1. Panjang bentang dari komponen struktur yang tidak menyatu denganstruktur pendukung dihitung sebagai bentang bersih ditambah dengantinggi dari komponen struktur. Besarnya bentang tersebut tidak perlumelebihi jarak pusat ke pusat komponen struktur pendukung yang ada.
2. Dalam analisis untuk menentukan momen pada rangka atau strukturmenerus, panjang bentang harus diambil sebesar jarak pusat ke pusatkomponen struktur pendukung.

2.10.1.2 Tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok penumpu

Tebal minimum untuk pelat dua arah dengan balok yang menghubungkan tumpuan pada semua sisinya harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

1. Untuk α_m yang sama atau lebih kecil dari 0,2 diterapkan ketentuan sebagaimana dipersyaratkan pada pelat tanpa balok interior.

2. Untuk α_m lebih besar dari 0,2 tapi tidak lebih dari 2,0, ketebalan pelat minimum harus memenuhi :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36 + 5\beta(\alpha_m - 0,2)} \quad \text{Persamaan 2.6}$$

dan tidak boleh kurang dari 120 mm

3. Untuk α_m lebih besar dari 2,0, ketebalan pelat minimum tidak boleh kurang dari :

$$h = \frac{\ln\left(0,8 + \frac{fy}{1500}\right)}{36 + 9\beta} \quad \text{Persamaan 2.7}$$

dan tidak boleh kurang dari 90 mm

dengan:

l_n = panjang bentang bersih dalam arah memanjang dari konstruksi dua arah diukur dari muka ke muka tumpuan pada pelat tanpa balok dan muka ke muka balok atau tumpuan lain pada kasus lainnya (mm)

a = rasio kekakuan lentur tampang balok terhadap kekakuan lentur pelat dengan lebar yang dibatasi secara lateral oleh garis-garis sumbu tengah panel-panel yang bersebelahan (bila ada) pada tiap sisi balok

α_m = nilai rata-rata a untuk semua balok pada tepi-tepi suatu panel

b = rasio bentang bersih dalam arah memanjang terhadap arahmemendek dari pelat dua arah.

4. Pada tepi yang tidak menerus, balok tepi harus mempunyai rasio kekakuan α tidak kurang dari 0,8 atau sebagai alternatif ketebalan minimum yang ditentukan Pers. (2.6) atau Pers. (2.7) harus dinaikan paling tidak 10% padanel dengan tepi yang tidak menerus.

2.10.2 Analisis Gaya Dalam

Semua komponen struktur beton bertulang harus direncanakan terhadap pengaruh maksimum dari beban terfaktor yang dihitung dengan metode elastis.

2.10.2.1 Analisis balok dan pelat satu arah diatas banyak tumpuan

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur dan gaya geser dalam perencanaan balok menerus dan pelat satu arah, yaitu pelat beton bertulang di mana tulangnya hanyadirencanakan untuk memikul gaya-gaya dalam satu arah, selama:

1. jumlah minimum bentang yang ada haruslah minimum dua,
2. panjang bentang tidak terlalu berbeda, rasio bentang terbesar terhadap bentangterpendek dari dua bentang yang bersebelahan tidak lebih dari 1,2,
3. beban yang bekerja merupakan beban terbagi rata,beban hidup per satuan
4. tidak melebihi tiga kali beban mati-nya, dan
5. komponen struktur adalah prismatis.

2.10.2.2 Analisis pelat dua arah

Sebagai alternatif, metode pendekatan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan momen lentur pada bagian lapangan maupun tumpuan panel pelat dua arah dimana momen lentur dianggap bekerja pada dua sumbu dengan lenturan terjadi pada dua arah yang saling tegak lurus dengan perbandingan antara sisi panjang dan sisi pendek kurang dari 2 (dua). Cara pendekatan yang ditunjukkan dapat dipergunakan dengan syarat:

1. beban yang bekerja berupa beban terbagi rata,
2. perbedaan yang terbatas antara besarnya beban maksimum dan minimum pada panel pelat memenuhi $W_{U \min} \geq W_{U \max}$,
3. perbedaan yang terbatas antara beban maksimal pada panel pelat yang berbeda-beda tipe memenuhi $W_{U \max \text{ terkecil}} \geq 0,8 \cdot W_{U \max \text{ terbesar}}$,
4. perbedaan yang terbatas pada panjang bentang, dimana bentang terpendek lebih besar dari 0,8 bentang terpanjang.

2.10.3 Tulangan Minimum

Tulangan minimum harus dipasang untuk menahan tegangan tarik utama sebagai berikut :

1. Pelat lantai yang ditumpu kolom :

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,25}{f_y} \quad \text{Persamaan 2.8}$$

2. Pelat lantai yang ditumpu balok atau dinding :

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,0}{f_y} \quad \text{Persamaan 2.9}$$

3. Pelat telapak :

$$\frac{A_s}{b d} = \frac{1,0}{f_y}$$

Persamaan 2.10

Apabila pelat lantai ditumpu seperti halnya sebagai pelat dua arah, luas minimum tulangandalam masing-masing arah harus diambil dua pertiga dari harga-harga di atas.

2.10.4 Syarat Tulangan Maksimum

Untuk komponen struktur lentur, dan untuk komponen struktur yang dibebani kombinasilentur dan aksial tekan dimana kuat tekan rencana ρP_n kurang dari nilai yang terkecil antara $0,1f_c' A_g$ dan ρP_b , maka rasio tulangan ρ tidak boleh melampaui 0,75 dari rasio ρ_b yang menghasilkan kondisi regangan batas berimbang untuk penampang.

Untuk komponen struktur beton dengan tulangan tekan, bagian ρ_b untuk tulangan tekan tidak perlu direduksi dengan faktor 0,75.

2.10.5 Jarak Tulangan

Jarak tulangan harus cukup memadai untuk penempatan penggetar dan memungkinkan ukuran terbesar dari agregat kasar dapat bergerak saat digetarkan.

Jarak bersih minimum antara tulangan sejajar, seikat tulangan dan sejenisnya tidak boleh kurang dari:

1. 1,5 kali ukuran nominal maksimum agregat; atau
2. 1,5 kali diameter tulangan; atau
3. 40 mm

Jarak bersih antara tulangan yang sejajar dalam lapisan tidak boleh kurang dari 1,5 kali diameter tulangan atau 1,5 kali diameter seikat tulangan.

2.10.6 Detail Tulangan Lentur

1. Penyebaran

Tulangan tarik harus disebar dengan merata pada daerah tegangan tarik beton maksimum, termasuk bagian sayap balok T, balok L dan balok I pada tumpuan.

2. Pengangkuran - umum

Bagian ujung dan pengangkuran dari tulangan lentur harus didasarkan pada momen lentur hipotetis yang dibentuk oleh pemindahan secara merata dari momen lentur positif dan negatif, sejarak h pada balok terhadap tiap sisi potongan momen maksimum yang relevan.

Tidak kurang dari sepertiga tulangan tarik akibat momen negatif total yang diperlukan pada tumpuan harus diperpanjang sejarak h melewati titik balik lentur.

3. Pengangkuran dari tulangan positif harus memenuhi :

Pada perletakan sederhana, tulangan angkur harus dapat menyalurkan gaya tarik sebesar $1,5 V_u$ pada bagian muka perletakan.

- a. Bila tulangan tarik diperlukan pada tengah bentang, tidak boleh kurang darisetengahnya harus diperpanjang sejarak $12 db$ melalui muka perletakan, atausepertiganya harus diperpanjang $8 db$ ditambah $h/2$ melalui muka perletakan.
- b. Pada balok menerus atau terkekang secara lentur, tidak kurang dari seperempatdari tulangan positif total yang diperlukan di tengah bentang harus diperpanjang/diteruskan melalui permukaan dekat perletakan.
4. Tulangan lentur tidak boleh dihentikan di daerah tarik kecuali bila salah satu ketentuan berikut dipenuhi:
 - a. untuk batang D36 dan yang lebih kecil, dimana tulangan menerusnyamemberikan luas dua kali dari luas tulangan lentur yang diperlukan pada titikpemutusan tulangan dan geser terfaktornya tidak melampaui tiga perempat darikuat geser rencana, ΦV_n .
 - b. gaya geser terfaktor pada titik pemutusan tulangan tidak melebihi dua pertiga darikuat geser rencana ΦV_n .
 - c. pada setiap pemutusan batang tulangan atau kawat, disediakan suatu luassengkang tambahan disamping sengkang yang diperlukan untuk menahan geserdan puntir, sepanjang tiga perempat tinggi efektif komponen struktur diukur daritik penghentian tulangan. Luas sengkang tambahan A_v tidak boleh kurangdari $0,4b_w s/f_y$. Spasi s tidak boleh lebih dari $d/8\rho_b$, dimana ρ_b adalah rasio dari luastulangan yang diputus terhadap luas tulangan tarik total pada penampangtersebut.

2.10.7 Penyebaran Tulangan untuk Pelat Lantai

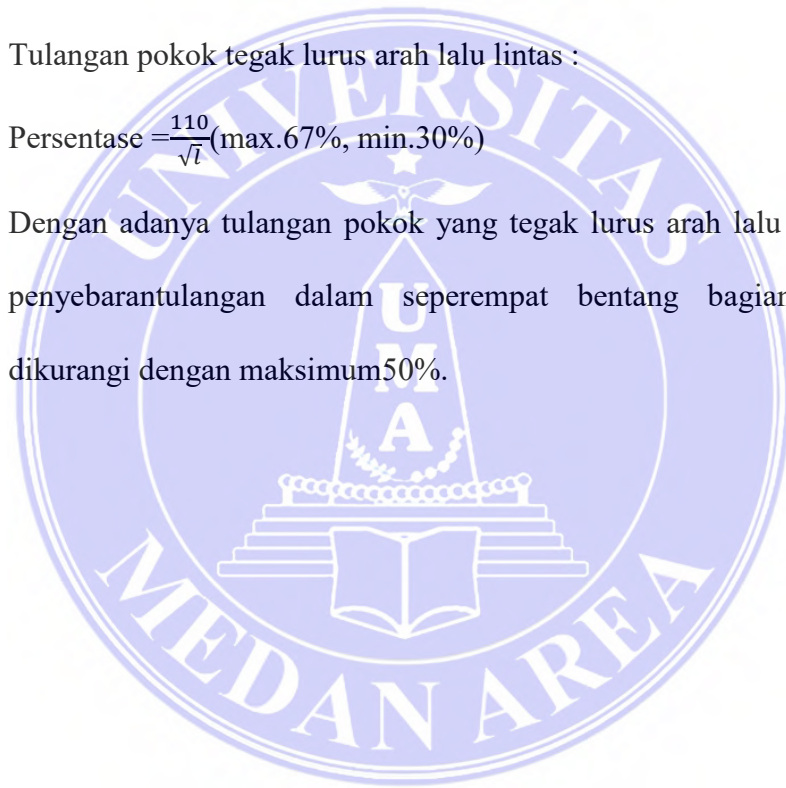
1. Tulangan harus dipasang pada bagian bawah dengan arah menyilang terhadap tulangan pokok.
2. Kecuali bila analisis yang lebih teliti dilaksanakan, jumlah tulangan diambil sebagai persentase dari tulangan pokok yang diperlukan untuk momen positif sebagai berikut:
3. Tulangan pokok sejajar arah lalu lintas:

$$\text{Persentase} = \frac{55}{\sqrt{l}} (\text{max. } 50\%, \text{ min. } 30\%)$$

4. Tulangan pokok tegak lurus arah lalu lintas :

$$\text{Persentase} = \frac{110}{\sqrt{l}} (\text{max. } 67\%, \text{ min. } 30\%)$$

5. Dengan adanya tulangan pokok yang tegak lurus arah lalu lintas, jumlah penyebar tulangan dalam seperempat bentang bagian luar dapat dikurangi dengan maksimum 50%.



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Lokasi Proyek

Adapun lokasi proyek pada penelitian ini adalah Jembatan Interchange STA. 88+285.086 pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura seksi 1. Penelitian ini mengambil data PT Hutama Karya pada Proyek Jalan Tol Tebing Tinggi-Inderapura Desa Penggalangan Kec. Tebing Syahbandar Kab. Serdang Bedagai, Sumatera Utara.



Gambar 3.1 Peta lokasi Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura
Sumber: Google Earth

3.2 Data yang Diperlukan

Untuk menganalisis pelat lantai jembatan jalan tol Tebing Tinggi – Inderapura diperlukan data awal jembatan yang digunakan sebagai acuan analisis.

Adapun data-data tersebut :

1. Gambar rencana
2. Job mix formula pelat lantai jembatan, barrier tepi dan barrier tengah

3.3 Sumber Data

Adapun sumber data yang diperoleh pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Data Primer

Data primer merupakan yang diperoleh langsung dilapangan untuk dijadikan data dasar, namun data juga dijadikan pengontrol data yang sudah tersedia pada data sekunder. Data-data yang berhubungan dengan data primer meliputi data hasil survey wawancara dengan pihak pelaksana, kontraktor dan konsultan.

2. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang diperoleh penyusun berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berupa informasi tertulis atau bentuk dokumen lainnya yang berhubungan dengan rencana proyek :

a. Deskripsi Konstruksi

Direncanakan konstruksi Jembatan Interchange Jalan Tol Tebing Tinggi – Inderapura memiliki panjang 94,63 m dengan 3 segmen.

b. Desain Konstruksi

Gambar desain jembatan sebagaimana terlampir pada lampiran.

3.4 Tahapan Penelitian

Perencanaan elemen struktur pelat lentur bisa dijabarkan pada beberapa termin perhitungan berikut:

1. Berdasarkan denah bangunan & fungsi pelat, bisa dipengaruhi bentang memanjang (l_y), bentang melintang (l_x), beban mati (WDL) & beban hidup (WLL) yg bekerja,
2. Rasio bentang memanjang & melintang l_x/l_y dihitung menjadi dasar penentuan tipe pelat (satu arah atau 2 arah),
3. Berdasarkan tipe pelat yg dipengaruhi dalam langkah diatas, selanjutnya bisa dihitung tebal minimum pelat yg dibutuhkan. Hasil perhitungan tebal pelat selanjutnya dipakai menjadi dasar perhitungan berat sendiri pelat (berat per satuan luas),
4. Setelah seluruh beban yg bekerja bisa diidentifikasi jenis juga besarnya, selanjutnya dilakukan perhitungan beban terfaktor sinkron menggunakan kombinasi pembebanan yg berlaku (beban per satuan panjang),
5. Hasil perhitungan beban terfaktor (per satuan panjang) dipakai menjadi masukan (input) pada perhitungan momen perlu (MU) dalam bagian lapangan juga tumpuan (dipakai metode pendekatan).

6. Setelah diketahui nilai bertenaga perlu yg wajib dipenuhi (MU), selanjutnya wajib dihitung bertenaga planning minimal (MR) menjadi dasar perhitungan luas tulangan perlu buat setiap satuan lebar yg diusahakan terpasang dalam satu sisi atau dikenal menggunakan kata tulangan tunggal (single reinforced) dalam setiap segmen.
7. Hasil perhitungan luas tulangan perlu diubahsuaikan menggunakan ketentuan spasi penulangan buat pelat, & selanjutnya wajib dinyatakan pada bentuk gambar lebih jelasnya menggunakan mencantumkan deretan tulangan yg memperlihatkan berukuran & jeda tulangan terpasang.

Perencanaan luas tulangan perlu buat panel pelat lentur dalam setiap segmen (lapangan & tumpuan pada arah sumbu x buat pelat satu arah, dan lapangan & tumpuan pada arah sumbu x & y buat pelat 2 arah) bisa dijabarkan pada beberapa termin perhitungan berikut :

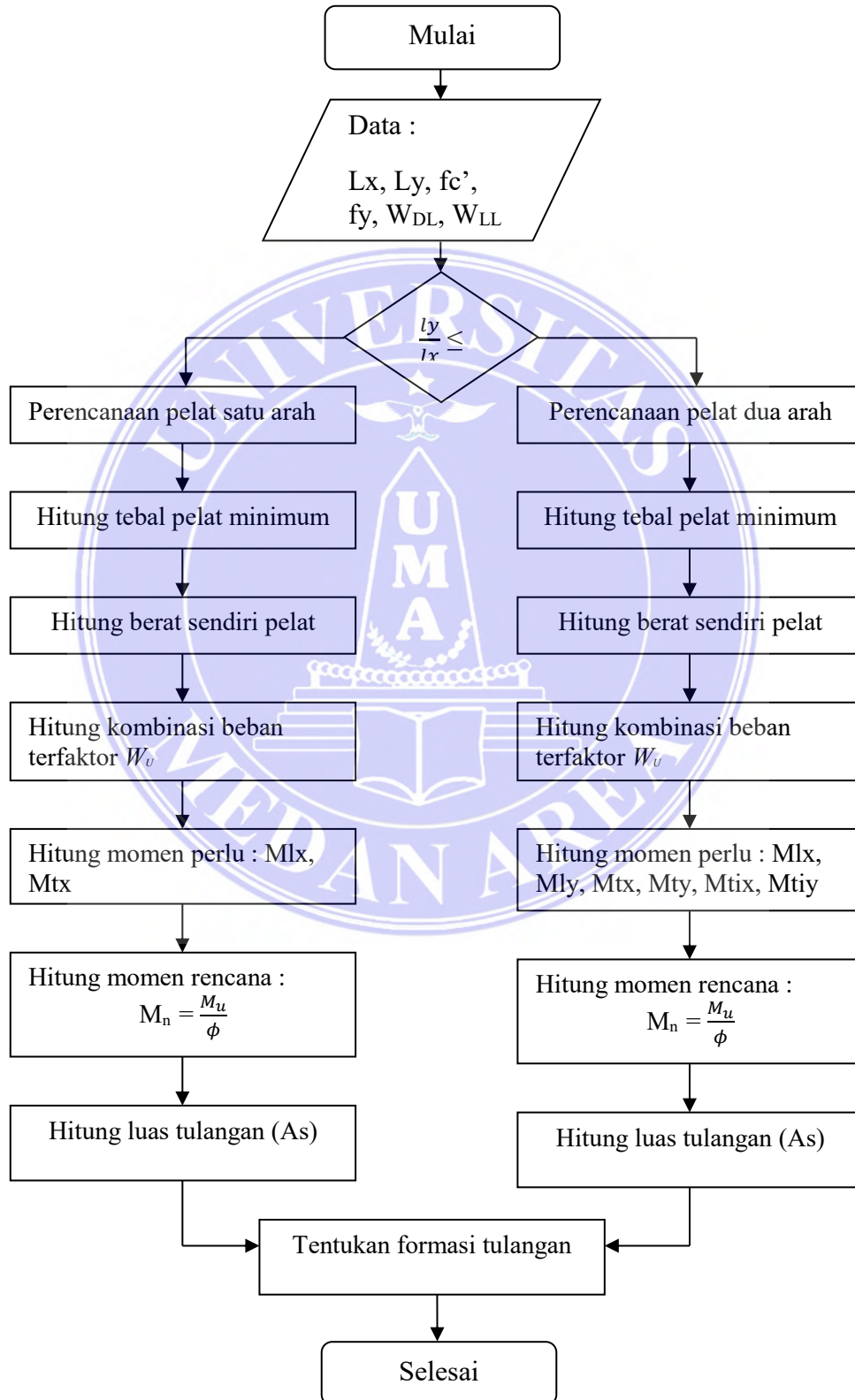
1. Hitung kebutuhan tulangan buat setiap satuan lebar pelat (umumnya per-meter, lebar) menggunakan $d = t - s - \frac{\phi}{2}$
dimana :
 d = tinggi efektif
 t = tebal pelat
 s = tebal selimut beton
 ϕ = diameter tulangan
2. Hitung batasan rasio tulangan maksimum (ρ_{max}) & minimum (ρ_{min})
3. Hitung rasio tulangan perlu (ρ_{perlu})
4. Apabila $\rho_{min} < \rho_{perlu} \leq \rho_{max}$ lanjutkan menggunakan menghitung $A_s = \rho \cdot b \cdot d$, namun bila $\rho_{perlu} < \rho_{min}$ hitung $A_s = \rho_{min} \cdot b \cdot d$, dan $\rho_{perlu} > \rho_{max}$ maka tebal pelat wajib diperbesar

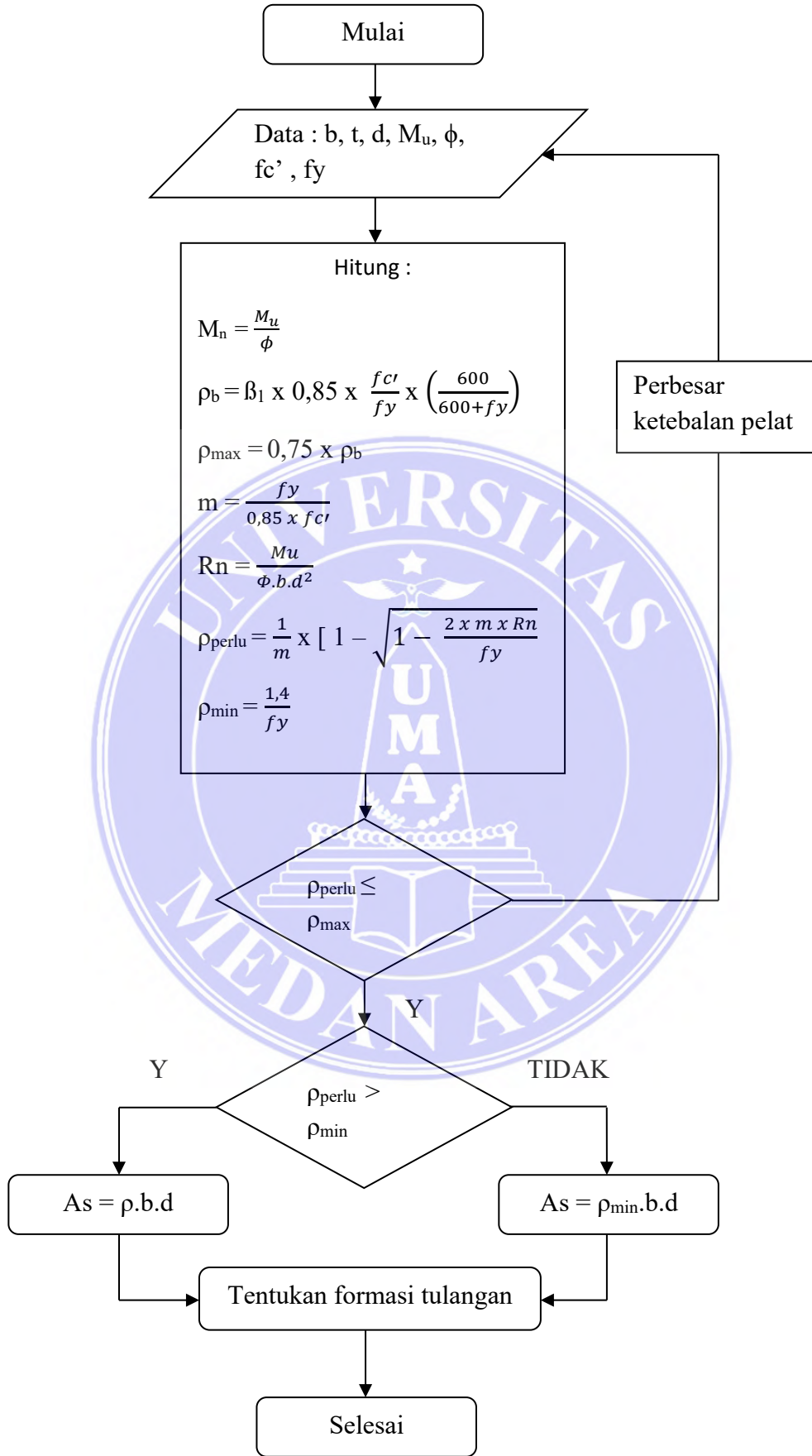
5. Untuk pelat satu arah, wajib dihitung kebutuhan pemasangan tulangan susut & suhu (pada arah sumbu y) paling sedikit mempunyai rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton menjadi berikut, namun nir kurang menurut 0,0014:
 - a. Pelat menggunakan btg tulangan ulir mutu 300, disyaratkan rasio tulangan susut minimum 0,0020,
 - b. Pelat yg memakai btg tulangan ulir atau jaring dawai las (polos atau ulir) mutu 400, disyaratkan rasio tulangan susut minimum 0,0018,
 - c. Pelat yg memakai tulangan menggunakan tegangan leleh melebihi 400 MPa yg diukur dalam regangan leleh sebanyak 0,35%, disyaratkan minimum $0,0018 \times 400 / f_y$,
 - d. Tulangan susut & suhu wajib dipasang menggunakan jeda nir lebih menurut 5 kali tebal pelat, atau 500 mm.
6. Tentukan perpaduan tulangan & cantumkan pada gambar detail, menggunakan ketentuan diantaranya:
 - a. Masing-masing panel pelat wajib dibagi sebagai jalur-jalur (tepi & tengah) misalnya ditunjukkan dalam Gambar 3-5,
 - b. Jalur tengah pada arah-y memiliki lebar $0,50 l_x$ & kedua lajur tepi masing-masing memiliki lebar $0,25 l_x$,
 - c. Kedua jalur tepi pada arah-x memiliki lebar $0,25 l_y$ atau $0,50 l_x$, tergantung menurut mana yg lebih kecil (buat $l_y/l_x \geq 2$, sisanya masih ada dalam jalur tengah $0,50 l_y$ atau $(l_y - l_x)$),

- d. Tulangan lapangan dalam jalur tepi nir boleh kurang menurut $1/2$ tulangan lapangan dalam jalur tengah disebelahnya & wajib menerus tanpa berkurang sampai melewati muka tumpuan,
- e. Jarak antara btg nir boleh lebih menurut 250 mm,
- f. Tulangan lapangan dalam jalur-jalur tengah boleh disesuaikan menggunakan bentuk momen lentur, menggunakan kondisi sekurang-kurangnya $1/2$ menurut tulangan wajib menerus melewati bidang muka tumpuan, atau secara simpel $1/2$ menurut tulangan lapangan bisa ditiadakan sejarak $1/10 l_x$ sebelum mencapai muka tumpuan,
- g. Tulangan buat melawan momen tumpuan dalam jalur tepi nir boleh dikurangi, & wajib menerus sampai jeda menurut muka tumpuan nir boleh kurang menurut $1/4 l_x$ (baik pada arah-x juga arah-y, menggunakan menduga l_x menjadi bentang arah-x terbesar menurut 2 panel yg bersebelahan).
- h. Untuk momen jepit tidak terduga wajib dipasang menerus sampai jeda menurut muka tumpuan nir boleh kurang dari $1/5 l_x$ (baik pada arah-x juga arah-y).

3.5 Diagram Alir Penelitian

Adapun langkah – langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada diagram alir penelitian dibawah ini :





BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis data dan perhitungan pada pelat lantai jembatan proyek Jalan Tol Tebing Tinggi - Inderapura dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penggunaan *floor deck*/pelat bondek dapat menghemat biaya dan waktu pelaksanaan sehingga lebih efektif daripada menggunakan *RC Plate*.
2. Momen maksimum yang dapat didukung pelat bondek adalah,
 $M_{ru} = 41522,91 \text{ Kgm}$.
3. Kebutuhan tulangan lentur pada pelat jembatan adalah lapangan D16 – 150 dan D13 – 200, untuk momen tumpuan D16 – 135 dan D13 – 150.
4. Nilai lendutan yang terjadi pada pelat lantai jembatan adalah $\delta_{total} = 1,6 \cdot 10^{-7} \text{ mm} < L_x/240$ (aman) OK!

5.2 Saran

Adapun saran yang dapat disimpulkan dalam pengerjaan analisis pelat lantai jembatan ini adalah :

1. Dalam melakukan perhitungan sebaiknya data-data yang diperlukan disiapkan terlebih dahulu agar perhitungan sesuai dengan data-data lapangan atau data yang telah diuji coba laboratorium.
2. Dalam proses perhitungan sebaiknya mengacu pada peraturan-peraturan yang sudah ditetapkan agar dimensi dan volume struktur dapat ditetapkan sebaik mungkin.

3. Untuk mencapai perencanaan yang baik dan benar-benar matang maka diperlukan studi kelayakan yang teliti dan referensi yang lengkap.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional. 2004. Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan. RSNI T-12-2004. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Standar Pembebanan Jembatan. SNI 1725-2016. Jakarta.
- Badan Standarisasi Nasional. 2016. Perencanaan jembatan terhadap beban gempa. SNI 2833-2016. Jakarta.
- Fastaria, R., dan Yusroniya Eka Putri. 2014. Analisa Perbandingan Metode *Halfslab* dan Plat Komposit Bondek Pekerjaan Struktur Plat Lantai Proyek Pembangunan Apartement De Papilio. Jurnal Teknik Pomits. 3(2) : 41-46.
- Manual Konstruksi dan Bangunan. Perencanaan Struktur Beton Pratekan Untuk Jembatan. Direktorat Jendral Bina Marga. 2011. Jakarta.
- Nikolaus Longa. 2015. Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T Sei Nyahing Kota Sendawar Kutai Barat Kalimantan Timur. Skripsi Universitas Narotama, Surabaya.
- Supriyadi, Bambang dan Agus Setyo Muntohar (2007). *JEMBATAN*, Yogyakarta: Beta Offset.
- Mulsy, S., dan I Gusti, P. R. 2014. Perencanaan Struktur Jalan Layang Mass Rapid Transit (MRT) Jakarta. Jurnal Teknik Pomits. 1(1) : 1-6
- Ogie Tri Nanda Karo-Karo. 2019. Evaluasi Perhitungan Bangunan Atas Jembatan Di Proyek Pembangunan Jembatan Sei Pare-Pare Kecil Indra Pura Jalan Lintas Sumatera. Skripsi Universitas Medan Area, Medan.

Rdev. 2013. Diafragma dan Deck Slab. Badan Pengembangan Wilayah Surabaya

–Madura.

[https://bpws.go.id/index.php?option=com_k2&view=item&id=218:
diafragma-dan-deck-slab&Itemid=655](https://bpws.go.id/index.php?option=com_k2&view=item&id=218:diafragma-dan-deck-slab&Itemid=655)

Y.D.Setiyarto dan R. Fahmi, *Laporan Penelitian: Analisis Perbandingan*

Pedoman Pembebanan RSNI T-02-2005 dan SNI 1725-2016 Pada

Struktur Jembatan, Bandung, 2017.

LAMPIRAN



Tampak atas Jembatan Interchange



Proses pemasangan *floor deck*/pelat bondek dan bekisting kantiveler



Setelah dipasang *Floor deck*/Pelat Bondek



Tampak atas perakitan tulangan pada pelat jembatan



Perakitan tulangan pada pelat jembatan



Setelah dipasang tulangan pada pelat jembatan



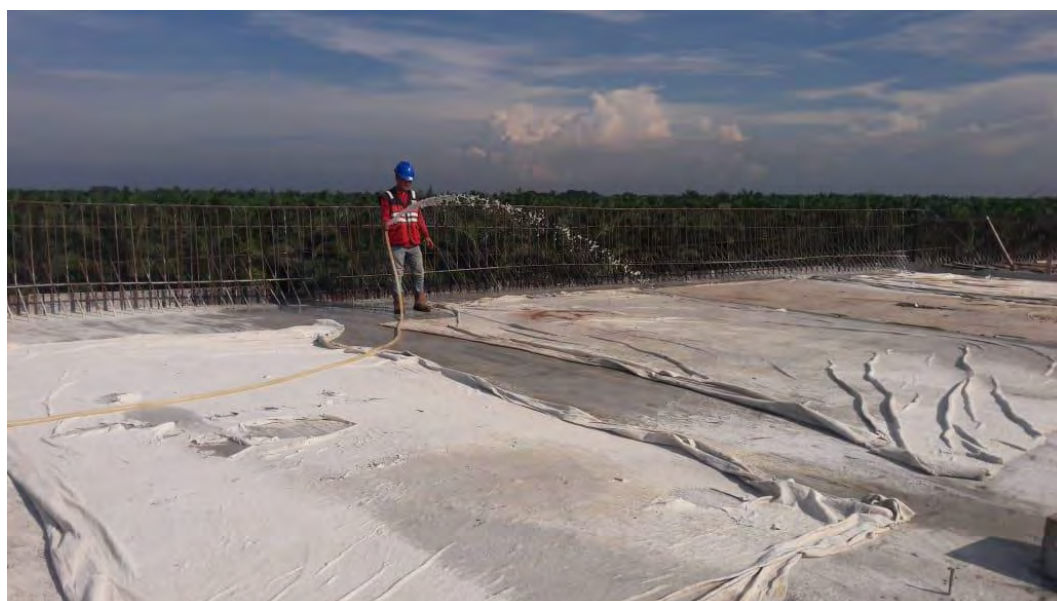
Pemasangan bekisting *barrier* dan tulangan *barrier*



Pelat lantai jembatan dan *Barrier* yang sudah diberi tulangan



Proses pengecoran pelat lantai jembatan



Penyiraman air pada pelat jembatan

