EVALUASI PERENCANAAN JEMBATAN BETON BERTULANG BALOK T DENGAN VARIASI MUTU ANTARA K-200-K-300

(Skripsi)

Oleh :

DEVIE ARISANDY SUMANTRI

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2017

ABSTRACT

EVALUATION OF DESIGN OF REINFORCED CONCRETE T BEAMS BRIDGE WITH VARIATION CONCRETE STRENGTH BETWEEN K-200 - K-300

By

DEVIE ARISANDY SUMANTRI

Design of reinforced concrete T beams bridge with variation concrete strength is conducted to determine design of a bridge which can be built in remote area that are difficult to obtain material due to the difficulty of transportation infrastructure to reach the location. Ttransportation become the major problem while send material to remote area causing the price of material are higher than average. So it is a necessity to have a bridge design that can be built with a minimum concrete quality but still in accordance with the applicable safety standards.

The bridge has a span of 15 m, a width of traffic lanes 2 x 5.5 m, using the same bridge dimensions and the same diameter of reinforcement for any variations in concrete strength. Variations quality made is K-200, K-225, K-250, K-275 and K-300. Calculation Planning is a structure of a upper by refered to RSNI code T-02-2005.

From calculations that have been done show that in pieces 2-2 , pieces 3-3 and pieces 4-4 The lower concrete strength will obtains more reinforcement flexural reinforcement needs with larger girder. However at pieces 1-1 the amount of reinforcement on every concrete strength has the same amount of reinforcement because the reinforcement ratio is the ratio of minimum reinforcement.
Shear reinforcement of girder using the same diameter will produce the reinforcement needs with greater spacing while concrete strength increased.
Girder maximum deflection that occurs will be smaller if the concrete strength increases. However, if the amount of reinforcement in the quality of K-200 more greater then the value deflection will be smaller compared with the quality of K-300. The lower quality of flexural strength concrete slab with the D16 will get smaller reinforcement spacing. In the K-200 acquired D16-107,2881, for the quality of acquired D16-109,8858 K-225, K-250 acquired quality reinforcement D16-111,8636, the quality of K-275 acquired D16-111,4237 and D16- 114.6874 to the quality of K-300. However, during installation the same spacing between reinforcement is still use D16-100.

Key word : bridge, T beams, quality variation, Upper structure

ABSTRAK

EVALUASI PERENCANAAN JEMBATAN BETON BERTULANG BALOK T DENGAN VARIASI MUTU ANTARA K-200 - K-300

OLEH

DEVIE ARISANDY SUMANTRI

Perencanaan jembatan beton bertulang balok T dengan variasi mutu dilakukan untuk mengetahui suatu desain jembatan yang dapat dibangun di wilayah-wilayah terpencil. Di karenakan sulitnya prasarana transportasi menjangkau wilayah tersebut menyebabkan harga bahan materail menjadi lebih tinggi. Sehingga diperlukan suatu desain jembatan dengan mutu beton minimum namun tetap sesuai dengan standar keamanan yang berlaku.

Jembatan yang direncanakan memiliki bentang 15 m, lebar lajur lalu lintas 2 x 5,5 m , menggunakan dimensi jembatan dan diameter tulangan yang sama untuk setiap variasi mutu. Variasi mutu yang dilakukan yaitu K-200, K-225, K-250, K-275 dan K-300. Perencanaan yang dihitung merupakan struktur atas jembatan dengan Standar pembebanan mengacu kepada RSNI T-02-2005.

Dari perhitungan yang telah dilakukan menunjukkan bahwa pada potongan 2-2, potongan 3-3 dan potongan 4-4 Semakin rendah mutu beton akan diperoleh luas tulangan perlu tulangan lentur girder yang lebih besar. Namun pada potongan 1-1 jumlah tulangan pada setiap mutu memiliki jumlah tulangan yang sama karna rasio tulangan yang digunakan adalah rasio tulangan minimum. Penulangan geser girder dengan menggunakan diameter yang sama akan menghasilkan jarak antar tulangan perlu yang semakin besar seiring meningkatnya mutu beton. Lendutan maksimum girder yang terjadi akan semakin kecil jika mutu beton meningkat. Namun jika jumlah tulangan pada mutu K-200 lebih banyak maka nilai lendutannya akan lebih kecil dibanding dengan mutu K-300. Semakin rendah mutu beton pada tulangan lentur slab dengan D16 akan didapat jarak antar tulangan perlu semakin kecil. Pada K-200 diperoleh D16-107,2881, untuk mutu K-225 diperloleh D16-109,8858, mutu K-250 diperoleh jarak tulangan D16-111,8636, pada mutu K-275 diperoleh D16-111,4237 dan D16-114,6874 untuk mutu K-300. Namun saat pemasangannya digunakan jarak antar tulangan yang sama yaitu D16-100.

Kata Kunci: Jembatan, balok T, Variasi mutu, Struktur atas

EVALUASI PERENCANAAN JEMBATAN BETON BERTULANG BALOK T DENGAN VARIASI MUTU ANTARA K-200 – K-300

Oleh

DEVIE ARISANDY SUMANTRI

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi : **EVALUASI PERENCANAAN JEMBATAN BETON BERTULANG BALOK T DENGAN VARIASI MUTU ANTARA K200-K300**

Nama Mahasiswa : **Devie Arisandy Sumantri**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011032

Program Studi : S1 Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Bayzoni, S.T., M.T.	**Ir. Surya Sebayang, M.T.**
NIP.197305142000031001	NIP.195801241987031001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Gatot Eko Susilo, S.T,. M.Sc,. Ph.D.,
NIP.197009151995031006

EVALUASI PERENCANAAN JEMBATAN BETON BERTULANG BALOK T DENGAN VARIASI MUTU DARI K200-K300

Oleh

DEVIE ARISANDY SUMANTRI

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Bayzoni, S.T., M.T.** .....

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

Penguji

Bukan Pembimbing : **Suyadi, S.T, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Drs. Suharno, M.sc,. Ph.D.
NIP. 196207171987031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 5 April 2017

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Skripsi dengan judul Evaluasi Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T dengan Variasi Mutu dari K-200 – K-300 adalah judul skripsi yang diambil dari ide bapak Bayzoni,S.T.,M.T selaku pembimbing 1 saya dan saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai tata etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ilmiah ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidak benaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya dan saya sanggup dituntut sesuai hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 5 April 2017
Pembuat Pernyataan

METERAI TEMPEL
CA6D4AEF514825706
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Devie Arisandy Sumantri
NPM. 1315011032

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Sidomulyo pada tanggal 4 Maret 1995. Penulis merupakan anak kedua dari pasangan Drs. I Ketut Sumantri dan Ni Komang Lilis Aryani Roes.

Penulis memulai jenjang pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Dharma Wanita, Sidorejo, Sidomulyo, Lampung selatan pada tahun 1999-2001 dan melanjutkan pendidikan di SD Negeri 1 sidorejo pada tahun 2001-2007. Penulis melanjutkan sekolah di SMP Negeri 1 Sidomulyo pada tahun 2007-2010. Lalu penulis melanjutkan jenjang pendidikan yang lebih tinggi di SMA Negeri 1 Sidomulyo pada tahun 2010 dan lulus pada tahun 2013.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN (Undangan) pada tahun 2013.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi asisten dosen mata kuliah Analisis Anstruk II Tahun Ajaran 2015/2016, Mekanika Bahan Tahun Ajaran 2015/2016, Struktur Baja I Tahun Ajaran 2016/2017, Struktur Beton Bertulang II Tahun Ajaran 2016/2017. Penulis selama di bangku perkuliahan aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil Universitas Lampung (HIMATEKS UNILA) sebagai Anggota Departemen Penelitian dan Pengembangan Periode 2015-2016.

Pada 28 September 2015 sampai dengan 28 Desember 2015, penulis melakukan Kerja Praktik di Proyek Pembangunan Gedung Rawat Inap Kebidanan Rumah Sakit Umum Daerah (RSUD) Abdul Moeloek Bandar Lampung. Kemudian pada Januari 2016 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Datarajan Kecamatan Ulubelu Kabupaten Tanggamus selama 60 hari.

MOTO

"Happiness is when what you think, what you say and what you do are in harmony"

(Mahatma Gandhi)

"A little learning is a dangerous thing"

(Alexander Pope)

"Life is like a riding a bicycle to keep your balance, you must keep moving"

(Albert Einstein)

"Harapan adalah mimpi dari orang yang terjaga"

(Aristoteles)

Manusia tidak dapat memilih untuk dilahirkan dan hidup sesuai keinginannya tetapi manusia bisa memilih untuk menentukan jalan hidupnya

(Devie Arisandy Sumantri)

PERSEMBAHAN

Sebuah Karya Kecil yang saya persembahkan setulus hati kepada :

Ida Sang Hyang Widhi Wasa atas kehendak-Nya saya bisa menyelesaikan segala pendidikan yang telah saya lalui dengan baik.

Orang tua tercinta yaitu bapak Drs. Ketut Sumantri dan Ibu Dra. Ni Komang Lilis Aryani Roes serta nenek saya Ni Wayan Mendri yang merupakan motivasi terbesar dalam hidup saya. Terimakasih untuk seluruh kasih sayang, dukungan dan doa tiada henti yang ditujukan kepada saya.

Kakakku tercinta Arya Yoga Swara Sumantri,S.pd sebagai salah satu panutan terbaik dalam hidupku.

Seluruh guru dan dosen yang telah memberikan segala ilmu yang berguna dalam kehidupan saya, karya ini merupakan persembahkan sebagai tanda bukti dan juga terima kasih.

Orang yang saya sayang , sahabat dan teman - teman serta angkatan 2013 Teknik sipil Universitas lampung yang selalu memberikan dukungan, masukan dan doa kepada saya.

Almamater tercinta.
Semoga karya ini kelak berguna dikemudian hari.

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Tuhan YME yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *"Evaluasi Perencanaan Jembatan Beton Bertulang Balok T dengan Variasi Mutu dari K-200 – K-300"*. Yang mana skripsi ini adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik di Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Drs. Suharno, M.Sc., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
3. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.
4. Bapak Bayzoni, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I atas pemberian judul, masukan, bimbingan, motivasi dan waktu yang telah bapak berikan selama penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Ir. Surya Sebayang,M.T. selaku Dosen Pembimbing II atas ketersediaannya dalam memberikan bimbingan, pengarahan, serta ilmu yang sangat bermanfaat dalam proses penyelesaian skripsi ini.
6. Bapak Suyadi, S.T., M.T., selaku Dosen Penguji, terima kasih atas masukan dan ilmu pengetahuan yang bapak berikan disaat proses pengerjaan skripsi.

7. Bapak Nur Arifaini, IR.,M.S. selaku Dosen Pembimbing Akademik, terima kasih atas bimbingannya dalam hal pengarahan dan saran-saran serta masukan dibidang akademik.
8. Bapak dan Ibu Staf Administrasi dan semua pegawai Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung, yang telah banyak membantu dalam persiapan pelaksanaan seminar dan penyelesaian skripsi.
9. Ayah, Ibu, nenek dan kakak tercinta yang tidak hentinya mendoakan dan memberikan dukungan dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
10. Keluarga besar saya yang selalu memberikan dukungan serta do'a untuk kesuksesan saya dalam menyelesaikan perkuliahan di Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Lampung.
11. Orang-orang yang saya sayangi, sahabat, serta teman-teman dekat saya, Aditia Reshi Dista, Alvio Rini , Ardini Yuliastri, Dyah Ayu P, Fakhriyah Putri, Lintang Kurnia Aridini, Sella Anggraini Putri, Ayu nurcahayani, Erni Anggraini, Julia Ningsih, Gita santiani A, Abburachman Yusuf Hasyim, Arnaldo Clever, Hardianto Widyastomo, M. Ridho Pradana, Rizal Fedli, selalu membantu, memberikan dukungan, motivasi, serta selalu ada disaat saya dalam kesulitan.
12. Angkatan 2013 Teknik Sipil Universitas Lampung yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terimaksih karena telah menjadi keluarga baru saya dan telah menemani saya dari awal hingga akhir perkuliahan semoga kita semua selalu diberikan kesuksesan.

13. Kakak tingkat saya Bagus bimantara, S.T., Tiffany Marvin, S.T., Eddy Ristanto, S.T., Vera Chania Putri, S.T., yang telah banyak membantu saya selama saya berada di bangku perkuliahan.
14. Adik-adik dan kakak-kakak tingkat Teknik Sipil Universitas Lampung yang telah banyak membantu saya selama berkuliah di Teknik Sipil Universitas Lampung.

Akhir kata penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, akan tetapi saya berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 5 April 2017

Penulis,

DEVIE ARISANDY SUMANTRI

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR NOTASI iii

DAFTAR TABEL viii

DAFTAR GAMBAR xi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1

B. Rumusan Masalah 3

C. Batasan Masalah 4

D. Tujuan Penelitian 5

E. Manfaat Penelitian 5

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jembatan Beton 6

B. Struktur Atas Jembatan 7

C. Pembebanan pada Jembatan 8

D. Beton 27

E. Analisis Balok T 32

F. Analisis Diafragma 42

G. Analisis Beban Slab Lantai Jembatan 46

H. Perhitungan Slab Trotoar 54

I. Perhitungan Tiang Railling 56

J. Perhitungan Pipa Sandaran..... 58

K. Perhitungan Kerb 59

L. Perhitungan Plat Injak..... 61

III. METODE PENELITIAN

A. Permodelan Struktur..... 66

B. Deskripsi Metode Numerik dengan Microsoft Excel..... 67

C. Analisis Hasil Penelitian 68

D. Model Perencanaan Jembatan 68

E. Diagram Alir Penelitian 70

IV. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tinjauan Umum 71

B. Perencanaan Pipa Sandaran 72

C. Perencanaan Tiang Railing 75

D. Perencanaan Kerb 79

E. Perencanaan Trotoar 83

F. Perencanaan Slab Jembatan 86

G. Perencanaan PiDiafragma 97

H. Perencanaan Girder 104

I. Perencanaan Plat Injak 142

V. PENUTUP

A. Kesimpulan 145

B. Saran 146

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR NOTASI

a	=	Tinggi blok tegangan tekan persegi ekivalen beton dalam analisis kekuatan batas penampang beton bertulang akibat lentur
Ab1	=	luas samping ekuivalen jembatan (m2)
Ab2	=	luas bagian samping kendaraan (m2)
As	=	Luas tulangan perlu
As_{min}	=	luas tulangan minimum
Av	=	luas tulangan geser dalam daerah sejarak s atau luas tulangan geser yang tegak lurus terhadap tulangan lentur tarik dalam suatu daerah sejarak s pada komponen struktur lentur tingggi
Av_{min}	=	luas tulangan geser minimum
b	=	lebar dari muka tekan komponen struktur
be	=	lebar effektif
BGT	=	beban garis terpusat dalam pembebanan lajur “ D “
bs	=	lebar plat
BTR	=	beban terbagi rata dalam pembebanan lajur “ D “
btr	=	lebar tiang railing
bw	=	lebar badan balok atau diameter dari penampang bulat
c	=	Jarak garis netral terhadap sisi atas beton
C	=	koefisien geser dasar waktu dan kondisi setempat yang sesuaidasar untuk gaya gempa
Cc	=	Gaya internal tekan beton pada sayap
Cs	=	Gaya internal tarik baja tulangan
CW	=	koefisien seret untuk gaya angin
Cw	=	koefisien seret untuk gaya angin
D	=	beban lajur
d	=	jarak dari serat tekan terluar ke pusat tulangan tarik
d'	=	tebal selimut beton diukur dari serat tarik terluar ke pusat batang tulangan atau kawat yang terdekat
DLA	=	Dynamic load allowance
Dt	=	diameter tulangan
Ec	=	modulus elastisitas beton
Es	=	modulus elastisitas baja tulanga non-prategang

F	=	faktor perangkakan yang digunakan pada beban gempa
FBD	=	faktor beban dinamis atau faktor kejut
f'c	=	tekan beton (MPa)
fr	=	modulus keruntuhan lentur
fs	=	tegangan tarik baja tulangan
fv	=	kuat geser pons
fy	=	kuat tarik leleh baja tulangan non-prategang
g	=	percepatan akibat gravitasi (9,80m/dt2)
h	=	tinggi girder
H_1	=	beban horisontal pada railing
H_2	=	beban horisontal pada kerb
hd	=	tinggi diafragma
H_{TP}	=	Gaya horisontal pada railing
I	=	momen inersia
Ie	=	momen inersia efektif
I_G	=	momen inersia girder
Ig	=	momen inersia penampang bruto beton terhadap sumbu pusat dengan mengabaikan tulangan
Kh	=	koefisien pembebanan gempa horizontal
Kp	=	kekakuan gabungan gaya horizontal yang di perlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar
ks	=	standard modulus of soil reaction
K_{TP}	=	momen akibat berat sendiri pedesrian
K_{TT}	=	faktor beban ultimut
Kv	=	koefisien pembebanan gempa vertikal
L	=	panjang bentang jembatan
LAV	=	panjang bentang ekuivalen bentang menerus untuk FBD (m)
Ld	=	panjang diafragma
LE	=	panjang bentang rata-rata untuk jembatan menerus (m)
Lmax	=	panjang bentang maksimum untuk jembatan menerus (m)
MA	=	beban mati tambahan
M_a	=	nilai momen akibat beban mati dan beban hidup
Mcr	=	momen yang menyebabkan terjadinya retak lentur pada penampang akibat beban luar
MEQ	=	momen akibat beban gempa
MEW	=	momen akibat beban angin
MMA	=	momen akibat beban mati tambahan
Mmax	=	momen terfaktor maksimum pada penampang akibat beban luar
MMS	=	momen akibat beban sediri
Mn	=	kekuatan momen nominal penampang
Mr	=	Momen resultan

MS	=	berat sendiri
MTD	=	momen akibat beban lajur D
MTP	=	momen akibat beban pejalan kaki
M_{TP}	=	momen akibat beban sendiri pedesrian
MTT	=	momen akibat beban truk
Mu	=	momen terfaktor akibat kombinasi pengaruh gaya luar yang terbesar pada penampang
n	=	jumlah sendi plastis yang bekerja secara monolit
n	=	nilai perbandingan modulus
n	=	perbandingan modulus elastisitas
nd	=	jumlah tulangan yang diperlukan
P	=	beban vertikal terpusat
P	=	intensitas beban garis
p	=	selimut beton
P_{EW}	=	beban garis merata akibat beban angin
Pn	=	gaya geser pons nominal
PTD	=	beban garis beban lajur D
P_{TT}	=	beban truk
Pu	=	beban ultimit roda truk
q	=	intensitas beban terbagi merata dalam arah memanjang jembatan
qd	=	beban merata ekivalen diafragma
Q_{MA}	=	beban mati tambahan
QMA	=	total beban mati tambahan
QMS	=	total beban berat sendiri
Qta	=	berat lapisan aspal
QTD	=	beban merata beban lajur D
Qth	=	berat air hujan
QTP	=	beban pejalan kaki
r	=	lebar penyebaran beban terpusat
Rn	=	besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur
Rnmax	=	besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur maksimum
S	=	Faktor tipe struktur
s	=	spasi tulangan geser atau puntir dalam arah pararel dengan tulangan longitudinal
sg	=	jarak antar girder
str	=	jarak antar tiang railing
T	=	beban truk
T	=	waktu getar jembatan (detik)
ta	=	tebal aspal

TB	=	gaya rem
T_{EW1}	=	beban angin pada kondisi tanpa beban hidup
T_{EW2}	=	beban angin pada kondisi dengan beban hidup
th	=	tebal genangan
T_{max}	=	Temperatur maksimum rata-rata
T_{min}	=	Temperatur minimum rata-rata
Ts	=	Gaya internal tarik baja tulangan
ts	=	tebal slab
υ	=	angka poisson beton
Vc	=	kuat geser nominal yang disumbangkan beton
VEQ	=	gaya geser akibat beban gempa
VEW	=	gaya geser akibat beban angin
VMA	=	gaya geser akibat beban mati tambahan
VMS	=	gaya geser akibat beban sendiri
Vn	=	kuat geser nominal penampang
Vs	=	kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser
VTD	=	gaya geser akibat beban lajur D
VTP	=	gaya geser akibat beban pejalan kaki
VTT	=	gaya geser akibat beban truk
Vu	=	gaya geser terfaktor pada penampang
Vw	=	kecepatan angin rencana (m/s)
Wa	=	beban aspal
Wc	=	berat jenis beton (kN/m^3)
Wd	=	berat diafragma
Wd_{tot}	=	berat total diafragma
Wt	=	berat total bangunan (kN)
Wtr	=	beban tiang railing
Wtr_{tot}	=	beban merata ekivalen tiang railing
Ww	=	beban air
y	=	lengan momen
Zx	=	Section modulus
β	=	rasio dimensi panjang terhadap pendek
δe	=	lendutan elastis
δET	=	lendutan akibat pengaruh temperatur
δew	=	lendutan akibat beban angin
δEW	=	lendutan akibat beban gempa
δg	=	lendutan jangka panjang akibat rangkak dan susut
δMA	=	lendutan akibat beban mati tambahan
δMax	=	lendutan maksimum
δMS	=	lendutan akibat beban sendiri
ΔT	=	perbedaan temperatur pada slab

δTB	=	lendutan akibat gaya rem
δTD	=	lendutan akibat beban lajur
εs	=	regangan pada baja tulangan tarik
ζ	=	faktor ketergantungan waktu
λ	=	faktor pengali untuk penambahan lendutan jangka panjang
ρ	=	rasio tulangan tarik non-prategang
ρ_b	=	rasio tulangan yang memberikan kondisi regangan yang seimbang
ρ_{max}	=	rasio tulangan maksimum
ρ_{min}	=	rasio tulangan minimum
Φ	=	faktor reduksi
$\emptyset s$	=	diameter sengkang

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Berat isi untuk beban mati (kN/m^3) 9
2. Faktor beban untuk berat sendiri 10
3. Faktor beban untuk beban mati tambahan 10
4. Jumlah lajur lalu lintas rencana (RSNI T-02-2005) 12
5. Faktor beban akibat beban lajur “D” 12
6. Faktor beban akibat pembebanan truk “T” 15
7. Faktor distribusi untuk pembebanan truk T 17
8. Faktor beban akibat gaya rem 20
9. Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki 20
10. Intensitas beban pejalan kaki untuk trotoar jembatan 21
11. Faktor beban akibat beban angin 22
12. Kecepatan angin rencana 23
13. Koefisien seret C_w 24
14. Faktor beban akibat pengaruh temperatur/suhu 24
15. Temperatur jembatan nominal 25
16. Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur 25
17. Jenis beton menurut kuat tekan 28
18. Klasifikasi lingkungan 30

19. Selimut beton untuk acuan dan pemadatan standar 31

20. Selimut beton untuk acuan kaku dan pemadatan intensif 31

21. Selimut beton untuk komponen yang dibuat dengan cara diputar 31

22. Penulangan lentur tiang railing 76

23. Penulangan geser tiang railing 78

24. Penulangan lentur kerb 80

25. Penulangan geser kerb 82

26. Rekapitulasi momen pada trotoar akibat berat sendiri 83

27. Rekapitulasi momen pada trotoar akibat beban hidup 84

28. Penulangan Trotoar 85

29. Koefisien momen 89

30. Nilai M_{ET} tumpuan dan M_{ET} lapangan 91

31. Kombinasi $Mu_{tumpuan}$ 91

32. Kombinasi $Mu_{lapangan}$ 91

33. Penulangan lentur negatif slab 92

34. Penulangan lentur positif slab 93

35. Perhitungan momen retak 94

36. Lendutan slab 95

37. Kontrol tegangan geser pons 96

38. Kombinasi Beban Ultimate Diafragma 101

39. Penulangan Lentur Balok Diafragma 102

40. Penulangan Geser Balok Diafragma..... 103

41. Nilai momen dan lintang hasil garis pengaruh 110

42. Kekuatan lentur girder (Kp) dan waktu getar (T) 119

43. Faktor beban untuk kombinasi pembebanan 121

44. Gaya lintang setelah dikalikan dengan faktor beban 122

45. Gaya momen setelah dikalikan dengan faktor beban 122

46. Momen pada potongan 1-1 bentang 1,8750 m dari perletakan 123

47. Momen pada potongan 2-2 bentang 3,75 m dari perletakan 124

48. Momen pada potongan 3-3 bentang 5,6250 m dari perletakan 125

49. Momen pada potongan 4-4 bentang 7,5 m dari perletakan 126

50. Kombinasi Gaya Geser Ultimate 127

51. Lintang pada potongan 1-1 (bentang 1,8750 m – 3,75 m) dari perletakan 128

52. Lintang pada potongan 2-2 (bentang 3,75 m – 5,625 m) dari perletakan 129

53. Lintang pada potongan 3-3 (bentang 5,6250 m – 7,5 m) dari perletakan 130

54. Rekapitulasi Momen dan Lintang per Bentang 131

55. Hasil Perencanaa tulangan lentur 132

56. Hasil Perencanaan tulangan geser 135

57. Perhitungan momen retak 139

58. Lendutan girder 140

59. Rekapitulasi lendutan girder 140

60. Hasil perencanaan tualangan bagi 141

61. Hasil perencanaan tualangan plat arah melintang 142

62. Hasil perencanaan tualangan plat arah memanjang 144

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Penampang melintang jembatan balok T 6
2. Penampang memanjang jembatan balok T 6
3. Beban lajur D..... 13
4. Hubungan antara BTR dan panjang yang dibebani..... 14
5. Penyebaran pembebanan arah melintang..... 15
6. Pembebanan Truk “T” (500 kN)..... 16
7. Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur “D”..... 19
8. Pembebanan untuk Pejalan Kaki 21
9. Pengaruh tekanan angin bekerja..... 22
10. Penampang balok T 32
11. Potongan melintang jembatan 68
12. Tampak samping jembatan 68
13. Tampak atas jembatan 69
14. Tampak atas struktur girder dan diafragma 69
15. Diagram alir penelitian keseluruhan 70
16. Pipa sandaran 72
17. Grafik luas tulangan perlu lentur tiang railing dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300..... 77

18. Grafik jumlah tulangan geser tiang railing dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300..... 78

19. Kerb 79

20. Grafik nilai momen nominal pada kerb dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300..... 81

21. Grafik jarak tulangan pada tulangan geser kerb dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300..... 82

22. Trotoar 83

23. Grafik jarak tulangan pada tulangan lentur trotoar dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300..... 86

24. Koefisin momen pada slab jembatan..... 88

25. Momen akibat beban truk dan beban pada slab jembatan 89

26. Grafik jarak antar tulangan perlu pada penulangan lentur negatif slab..... 93

27. Grafik jarak antar tulangan perlu pada penulangan lentur positif slab..... 94

28. Grafik lendutan pada slab dengan variasi mutu antara K-200-K-300..... 95

29. . Penyebaran muatan T pada lantai 96

30. Grafik gaya geser pons pada slab dengan variasi mutu antara K-200-K-300 97

31. Beban merata ekivalen akibat berat sendiri..... 99

32. Beban merata ekivalen akibat beban mati tambahan..... 100

33. Beban merata ekivalen akibat beban truk..... 100

34. Grafik luas tulangan perlu pada penulangan lentur diafragma 102

35. Grafik luas tulangan perlu pada penulangan geser diafragma 104

36. Jarak diafragma 105

37. Jarak antar tiang railing 106

38. Beban merata ekivalen akibat berat sendiri..... 107

39. Beban merata ekivalen akibat beban mati tambahan 108

40. Beban D 109

41. Beban merata ekivalen akibat beban D. 109

42. Beban akibat gaya rem 111

43. Beban merata ekivalen akibat beban pejalan kaki. 113

44. Bidang jembatan yang diterpa angin..... 114

45. Luas equivalen bagian samping kendaraan 114

46. Tinjauan terhadap beban angin 116

47. *Response spectrum* kota Agung 119

48. Beban merata ekivalen akibat beban gempa 120

49. Grafik luas tulangan perlu dan jumlah tulangan lentur girder pada potongan 1-1..... 133

50. Grafik luas tulangan perlu dan jumlah tulangan lentur girder pada potongan 2-2 133

51. Grafik luas tulangan perlu dan jumlah tulangan lentur girder pada potongan 3-3 134

52. Grafik luas tulangan perlu dan jumlah tulangan lentur girder pada potongan 4-4 134

53. Grafik jarak antar tulangan pada tulangan geser girder potongan 1-1..... 137

54. Grafik jarak antar tulangan pada tulangan geser girder potongan 2-2 137

55. Grafik jarak antar tulangan pada tulangan geser girder potongan 3-3..... 138

56. Grafik jarak antar tulangan pada tulangan geser girder potongan 4-4 138

57. Grafik lendutan pada girder 141

58. Grafik tulangan bagi pada girder 141

59. Grafik jarak tulangan pada tulangan plat injak arah melintang dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300 143

60. Grafik jarak tulangan pada tulangan plat injak arah memanjang dengan variasi mutu antara K-200 sampai K-300..... 144

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Jembatan merupakan sarana penghubung antara dua tempat yang letaknya terpisah oleh laut, sungai, lembah, rawa, dan sebagainya. Menurut Agus Iqbal Manu (1995, p. 4), Jembatan adalah suatu struktur yang memungkinkan rute transportasi melintasi sungai, danau, kali, jalan raya, jalan kereta api. Tujuan dibangunnya jembatan adalah untuk membuat jalan bagi orang atau kendaraan agar dapat melewati suatu rintangan atau untuk memperpendek jarak tempuh dari satu tempat ketempat lainnya.

Berdasarkan bahan konstruksinya jembatan dapat dibedakan menjadi beberapa jenis (Agus Iqbal Manu, 1995, p. 9), yaitu : jembatan kayu *(log bridge)*, jembatan beton *(concrete bridge)*, jembatan beton prategang *(prestressed concrete bridge)*, jembatan baja *(steel bridge)*, jembatan komposit *(compossite bridge)*.

Berdasarkan bentuk struktur scara umum jembatan dibagi menjadi beberapa jenis yaitu : jembatan gelagar *(girder bridge)*, jembatan pelengkung/busur *(arch bridge)*, jembatan rangka *(truss bridge)*, jembatan portal *(rigid frame bridge)*, jembatan gantung *(suspension bridge)*, jembatan kabel *(cabel-stayed bridge)*,

Indonesia merupakan negara kepulauan dimana banyak daratan-daratan di dalam kepulauan indonesia yang terputus oleh aliran sungai, sehingga untuk memaksimalkan perekonomian didaerah tersebut dibutuhkan sebuah prasarana transportasi yang berupa jembatan sebagai penghubung. Dengan adanya jembatan, penduduk yang terisolir pun menjadi lebih mudah dijangkau.

Untuk daerah-daerah terpencil, jembatan sangat diperlukan untuk mempermudah akses masyarakat dalam menjalankan aktivitas sehari-hari.
Namun akses jalan yang sulit untuk ditempuh menyebabkan sulitnya membangun jembatan. Hal ini disebabkan karena sulitnya untuk membawa bahan bahan material yang dibutuhkan untuk membangun jembatan. Hambatan yang terjadi karena hal tersebut dapat menyebabkan kenaikan harga material yang sangat tinggi dibandingkan dengan wilayah-wilayah yang lebih mudah dijangkau terutama wilayah perkotaan dan sekitarnya. Oleh karena itu pembangunan jembatan dengan bentang yang terlalu panjang akan mengalami banyak kendala baik itu dalam segi ekonomi maupun dalam tahapan pelaksanaan pekerjaannya. Dengan kondisi seperti itu maka akan sulit membangun jembatan beton bertulang dengan beton mutu tinggi. Menurut Tjokrodimuljo (2007, p. 68) berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi lima yaitu :

1. Beton sederhana (plain concrete) : $f'c \leq 10$ MPa
2. Beton normal (beton biasa) : $f'c = 15$ MPa – 30 MPa
3. Beton prategang : $f'c = 30$ MPa – 40 MPa
4. Beton kuat tekan tinggi : $f'c = 40$ MPa – 80 MPa

5. Beton kuat tekan sangat tinggi : f'c > 80 MPa

Dengan membandingkan berbagai macam mutu beton dari beton normal (beton biasa) dengan desain jembatan yang sama diharapkan mendapatkan hasil desain yang efisien dan aman karena keamanan jembatan merupakan faktor utama yang harus diperhatikan dalam perancangan jembatan agar memiliki ketahanan dalam menopang beban sehingga keselamatan dan keamanan pengguna jembatan merupakan hal penting yang harus diutamakan. Oleh karena perlu dibuat jembatan yang efisien terhadap kondisi daerah tersebut. Jembatan beton bertulang dengan gelagar beton balok T sangat efisien dibangun di daerah-daerah terpencil karena bentang untuk jembatan ini cukup pendek yaitu berkisar antara 5 m sampai 25 m sehingga sangat sesuai untuk dibangun di daerah-daerah terpencil. Membangun Jembatan dengan bahan beton lebih menguntungkan dikarenakan perawatan yang lebih terjangkau, pada umumnya dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama dengan tidak kehilangan kemampuan menahan bebannya, dibanding struktur baja pembuatan jembatan beton bertulang lebih mudah dan cukup dengan tenaga berkeahlian rendah.

B. Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas maka untuk memperoleh desain jembatan beton balok T yang efisien dan aman perlu adanya evaluasi mengenai :

1. Apakah variasi mutu antara K200-K300 dapat digunakan untuk membangun jembatan didaerah Kota Agung Timur Desa Suka Banjar?

2. Bagaimana hasil analisis desain struktur atas dengan variasi mutu antara K200-K300 ?

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Peraturan yang ditinjau meliputi :
   a. Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992
   b. Standar Pembebanan Struktur Jembatan RSNI T 02 – 2005
   c. Persyaratan Beton Struktural untuk Jembatan RSNI T 04 - 2005
2. Tinjauan pembebanan menggunakan Standar Pembebanan Struktur Jembatan RSNI T02 - 2005, yang meliputi :
   a. Beban dari aksi permanen
   b. Beban dari aksi transien
   c. Beban dari aksi lingkungan
3. Kombinasi pembebanan berdasarkan Standar Pembebanan Struktur Jembatan RSNI T02 - 2005
4. Data struktur bangunan yang digunakan menggunakan data struktur jembatan dengan mutu beton normal (beton biasa) pada jarak < 5 km dari pinggir pantai di daerah Kota Agung Timur Desa Suka Banjar dengan bentang 15 m.
5. Tinjauan yang dianalisis hanya pada variasi mutu beton normal (beton biasa) yaitu antara K200-K300
6. Diameter tulangan yang digunakan dalam setiap variasi mutu sama
7. Kelas jembatan yang direncanakan adalah kelas A.

D. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suatu desain perencanaan jembatan beton balok T dengan berbagai variasi mutu beton yang dapat digunakan untuk membangun jembatan disuatu wilayah terpencil yang sulit mendapatkan bahan material sehingga jembatan dapat dibangun dengan mutu beton minimum namun tetap sesuai standar kemanan untuk digunakan oleh orang dan kendaraan.

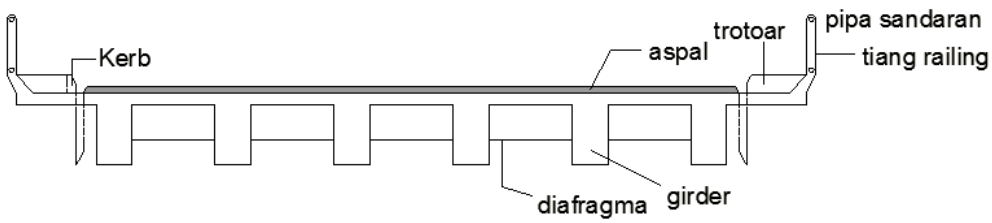
E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai desain perencanaan jembatan beton balok T yang dapat digunakan untuk membangun jembatan beton diwilayah terpencil dengan mutu beton minimum.

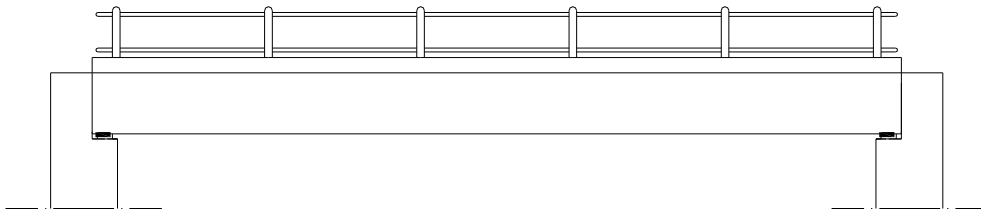
II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Jembatan Beton

Jembatan beton adalah bangunan jembatan yang menggunakan material beton bertulang pada strukturnya khususnya pada bangunan atas (*upper structur*). Dimana kualitas jembatan beton dipengaruhi oleh mutu material, mutu perencanaan campuran (*mix design)*, mutu alat, mutu proses pengecoran, mutu *formwork*, mutu pemeliharaan (Asiyanto, 2005). Salah satu tipe jembatan yang menggunakan beton bertulang sebagai bahan/material adalah jembatan balok–T seperti pada Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Penampang melintang jembatan balok T.



Gambar 2. Penampang memanjang jembatan balok T.

B. Struktur Atas Jembatan

Struktur atas jembatan merupakan bagian yang menerima beban langsung yang meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, beban lalu-lintas kendaran , gaya rem, beban pejalan kaki, dll. Struktur atas jembatan meliputi :

1. Trotoar berfungsi sebagai tempat berjalan bagi para pejalan kaki yang melewati jembatan agar tidak terganggu oleh lalu lintas kendaraan. Konstruksi trotoar direncanakan sebagai pelat beton yang diletakkan lebih tinggi dari lantai jembatan/aspal. Lebar trotoar minimal cukup untuk dua orang perpapasan dan biasanya berkisar antara 1 m - 1,5 m dan dipasang pada bagian kanan dan kiri jembatan. Trotoar terbagi atas :
   a. Pipa sandaran (*Hand Raill*), biasanya terbuat dari pipa besi, kayu dan beton bertulang.
   b. Tiang sandaran (*Raill Post*) berfungsi untuk membatasi lebar dari suatu jembatan agar memberikan rasa aman bagi lalu lintas kendaraan maupun para pejalan kaki yang melewatinya biasanya dibuat dari beton bertulang.
   c. Ujung tepi trotoar (*Kerb*) dipasang lis dari baja siku untuk penguatan trotoar dari pengaruh gesekan dengan roda kendaraan.
   d. Slab lantai trotoar adalah lantai tepi dari plat jembatan yang berfungsi menahan beban-beban yang terjadi akibat tiang sandaran, pipa sandaran, beban trotoar dan pejalan kaki.
2. Slab lantai kendaraan berfungsi untuk memikul beban lalu lintas yang melewati jembatan serta melimpahkan beban dan gaya-gaya tersebut ke

`

gelagar memanjang melalui gelagar-gelagar melintang. Plat lantai memiliki ketebalan 20 cm.

3. Balok diafragma merupakan pengaku dari gelagar-gelagar memanjang dan tidak memikul beban plat lantai dan diperhitungkan seperti balok biasa.
4. Gelagar (*Girder*) merupakan balok utama yang memikul beban dari lantai kendaraan maupun kendaraan yang melewati jembatan tersebut, dimana besarnya balok memanjang tergantung dari panjang bentang dan kelas jembatan.
5. Plat injak merupakan struktur yang berfungsi untuk menghubungkan jalan dan jembatan agar tidak terjadi perbedaan tinggi.

C. Pembebanan pada jembatan

Dalam merencanakan suatu jembatan peraturan pembebanan yang digunakan mengacu kepada RSNI-T-02-2005.

1. Aksi Permanen

   Aksi permanen adalah beban yang bersumber pada sifat bahan yang digunakan dan beban yang bekerja sepanjang waktu, cara jembatan dibangun dan bangunan lain yang menempel pada jembatan. Beban-beban yang termasuk dalam aksi permanen adalah sebagai berikut :

   a. Berat sendiri

      Berat sendiri dari bagian jembatan adalah berat dari bagian jembatan dan elemen struktural lain yang dipikulnya. Termasuk berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural ditambah dengan elemen

`

non-struktural yang dianggap tetap. Berat isi untuk berbagai jenis bahan dapat dilihat pada tabel 1, sebagai berikut :

Tabel 1. Berat isi untuk beban mati (kN/m^3)

No	Bahan	Berat / Sat uan isi (KN/m^3)	Kerapatan Masa (KN/m^3)
1	Campuran alumunium	26,7	2720
2	Lapisan permukaan beraspal	22,0	2240
3	Besi bertulang	71,0	7200
4	Timbunan tanah dipadatkan	17,2	1760
5	Kerikil dipadatkan	18,8-22,7	1920-2320
6	Aspal beton	22,0	2240
7	Beton ringan	12,25-19,0	1250-2000
8	Beton	22,0-25,0	2240-2560
9	Beton prategang	25,0-26,0	2560-2640
10	Beton bertulang	23,5-25,5	2400-2600
11	Timbal	111	11400
12	Lempung lepas	12,5	1280
13	Batu pasangan	23,5	2400
14	Neoprin	11,3	1150
15	Pasir kering	15,7-17,2	1600-1760
16	Pasir basah	18,0-18,8	1840-1920
17	Lumpur lunak	17,2	1760
18	Baja	77,0	7850
19	Kayu kering (ringan)	7,8	800
20	Kayu basah (keras)	11,0	1120
21	Air murni	9,8	1000
22	Air garam	10,0	1025
23	Besi tempa	75,5	7680

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

`

Tabel 2. Faktor beban untuk berat sendiri

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN K		K Biasa	K terkurangi
Tetap	Baja, aluminium	1,0	1,1	0,9
	Beton pracetak	1,0	1,2	0,85
	Beton dicor ditempat	1,0	1,3	0,75
	Kayu	1,0	1,4	0,7

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

b. Beban mati tambahan

Beban mati tambahan adalah berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non-struktural dan besarnya dapat berubah selama umur jembatan, seperti lapis aspal dan genangan air hujan. Kecuali ditentukan oleh instansi berwenang , semua jembatan harus direncanakan untuk bisa memikul beban tambahan yang berupa aspal beton setebal 50 mm untuk pelapisan kembali dikemudian hari. Pelapisan kembali merupakan beban nominal yang dikaitkan dengan faktor beban untuk mendapat beban rencana.

Tabel 3. Faktor beban untuk beban mati tambahan

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN K		K Biasa	K terkurangi
Tetap	Keadaan umum	1,0 (1)	2,0	0,7
	Keadaan khusus	1,0	1,4	0,8
Catatan (1) faktor beban daya layan 1,3 digunakan untuk berat utilitas				

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

`

c. Pengaruh penyusutan dan rangkak

Pengaruh rangkak dan penyusutan harus diperhitungkan dalam perencanaan jembatan beton. Pengaruh ini harus dihitung dengan menggunakan beban mati dari jembatan. Apabila rangkak dan penyusutan bisa mengurangi pengaruh muatan lainnya maka harga dari rangkak dan penyusutan tersebut harus diambil minimum (misalnya pada waktu transfer dari beton prategang)

2. Aksi Transien

Aksi transien adalah semua beban bekerja pada waktu yang pendek namun sering terjadi. Beban ini berasal dari berat kendaraan-kendaraan yang bergerak/lalu-lintas dan beban dari pejalan kaki yang dianggap sebagai beban pada jembatan.

a. Beban lalu lintas

Beban lalu lintas merupakan beban hidup, arah vertikal dan horizontal akibat aksi kendaraan terhadap jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, dimana tumbukan tidak termasuk kedalamnya. Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri dari:

1) Lajur lalu lintas rencana

Lajur lalu lintas rencana harus mempunyai lebar 2,75 m. Jumlah maksimum lajur lalu lintas yang digunakan untuk berbagai lebar jembatan dapat dilihat dalam tabel 4. Lajur lalu lintas rencana harus disusun sejajar dengan sumbu memanjang jembatan.

`

Tabel 4. Jumlah lajur lalu lintas rencana (RSNI T-02-2005)

Tipe Jembatan (1)	Lebar Jalur Kendaraan (m) (2)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (n_1)
Satu Lajur	4,0 - 5,0	1
Dua arah tanpa	5,5 - 8,25	2 (3)
median	11,3 – 15	4
Banyak arah	8,25 – 11,25	3
	11,3 – 15	4
	15,1 – 18,75	5
	18,8 – 22,5	6

Keterangan :

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 antar kerb atau median untuk banyak arah

Catatan(3) lebar minimum yang aman untuk dua lajur kendaraan adalah 0,6 m. Lebar jembatan antara 5m-6m harus dihindari oleh karena hal ini akan memberikan kesan kepada pengemudi seolah-olah memungkinkan untuk menyiap

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005

2) Beban lajur (D)

Tabel 5. Faktor beban akibat beban lajur “D”

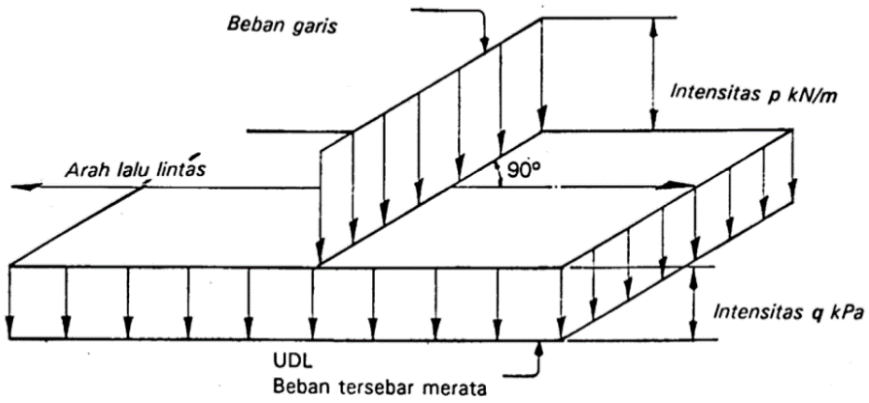
JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN K	K
Transien	1,0	1,8

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Beban lajur bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekivalen dengan suatu iring–iringan kendaraan yang sebenarnya dimana yang mempengaruhi besarnya nilai beban lajur adalah lebar jalur

`

kendaraan di suatu jembatan itu sendiri. Beban lajur (D) terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti yang terlihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Beban lajur D.
(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

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

$L \leq 30$ m → q = 9 kPa…….…….…….2.1

$L \geq 30$ m → q = 9 (0,5 +(15/L)) kPa …….….….2.2

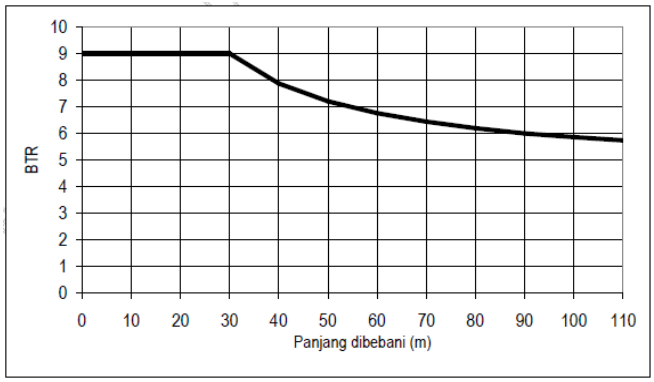
Dengan pengertian :

q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan.

L adalah panjang total jembatan yang dibebani (m)

Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. Grafik nilai BRT dapat dilihat pada Gambar 4.

`



Gambar 4. Hubungan antara BTR dan panjang yang dibebani.
(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

BTR harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum disuatu jembatan menerus atau bangunan khusus.

b) 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 ke dua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

Penyebaran beban (D) pada arah melintang harus disusun pada arah melintang sedemikian rupa sehingga menimbulkan momen maksimum. Penyusunan Komponen-komponen BTR dan BGT dari beban D pada arah melintang harus sama. Penempatan beban ini dilakukan sebagai berikut:

1. Bila lebar jalur kendaraan jembatan ≤ 5,5 m

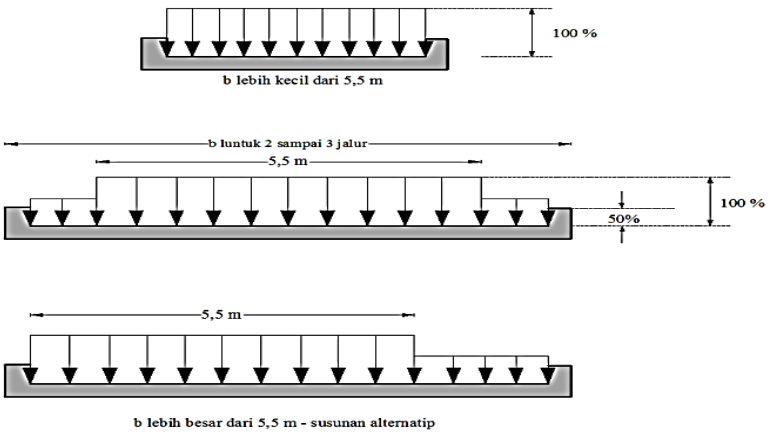
   maka beban D harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100%.

2. Bila lebar jalur > 5,5 m

   Maka beban D harus di tempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (n_1) yang berdekatan dengan intensitas 100%. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar n_1 x 2,75q kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar n_1 x 2,75 p kN/m. keduanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar n_1 x 2,75 m.

3. Lajur lalu lintas rencana yang membentuk *strip* ini bisa ditempatkan dimana saja pada jalur jembatan. Beban D tambahan harus ditempatkan pada seluruh lebar sisa dari jalur dengan intensitas sebesar 50%.

Susunan penyebaran pembebanan beban (D) ini bisa dilihat dalam Gambar 5.



Gambar 5. Penyebaran pembebanan arah melintang.
(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

3) Beban truk (T)

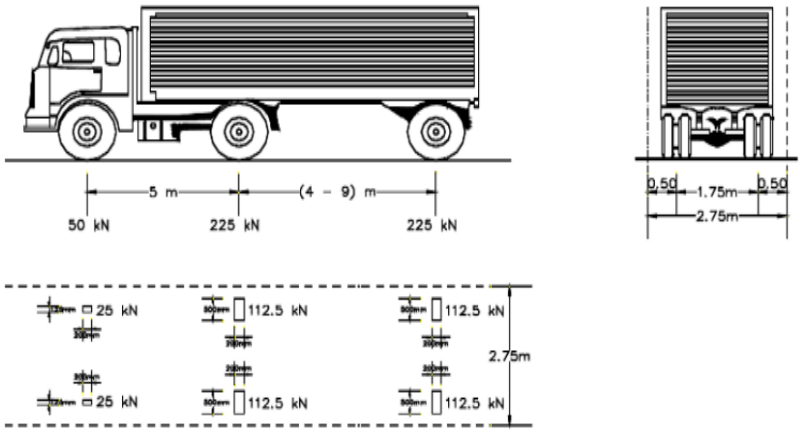
Tabel 6. Faktor beban akibat pembebanan truk “T”

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN K	K
Transien	1,0	1,8

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

`

Pembebanan truk T terdiri dari kendaraan truk semi-trailer yang memiliki susunan dan berat as seperti pada gambar 7. berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 as tersebut bisa diubah-ubah antara 4 m - 9 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



Gambar 6. Pembebanan Truk "T" (500 kN).
(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Distribusi beban hidup dalam arah melintang digunakan untuk memperoleh momen dan geser dalam arah longitudinal pada gelagar jembatan dengan :

a) Menyebar beban truk tunggal "T" pada balok memanjang sesuai dengan faktor yang diberikan dalam Tabel 7.
b) Momen lentur ultimit rencana akibat pembebanan truk T yang diberikan dapat digunakan untuk pelat lantai yang membentangi gelagar atau balok dalam arah melintang dengan bentang antara 0,6 dan 7,4 m.

`

c) Bentang efektif s diambil sebagi berikut:

1. Untuk pelat lantai yang bersatu dengan balok atau dinding (tanpa peninggian)

   s = bentang bersih …….……...….2.3

2. Untuk pelat lantai yang didukung pada gelagar dari bahan berbeda atau tidak dicor menjadi satu kesatuan,

   s = bentang bersih + ½ lebar dudukan tumpuan...……..….2.4

Tabel 7. Faktor distribusi untuk pembebanan truk T

Jenis bangunan atas	Jembatan jalur tunggal	Jembatan jalur majemuk
Pelat lantai beton diatas :		
a. Balok baja I atau balok beton pratekan	S/4,2 (S>3m lihat catatan 1)	S/3,4 (S> 4,3m lihat catatan 1)
b. Balok beton bertulang T	S/4,0 (S>1,8m lihat catatan 1)	S/3,6 (S> 3 m lihat catatan 1)
c. Balok kayu	S/4,8 (S>3,7 m lihat catatan 1)	S/4,2 (S> 4,9 m lihat catatan 1)
Lantai papan kayu	S/3,4	S/2,2
Lantai baja gelombang tebal 50 mm atau lebih	S/3,3	S/2,7
Kisi-kisi baja:		
a. < 100 mm	S/2,6	S/2,4
b. ≥ 100 mm	S/3,6 (S >3,6 m lihat catatan 1)	S/3,0 (S >3,2 m lihat catatan 1)

Catatan 1 dalam hal ini beban pada tiap balok memanjang adalah reaksi beban roda dengan menganggap lantai antara gelagar sebagai balok sederhana

Catatan 2 geser balok dihitung untuk beban roda dengan reaksi 2 S yang disebarkan oleh S/faktor ≥ 0,5

Catatan 3 S adalah jarak rata-rata antara balok memanjang (m)

(sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

`

4) Faktor beban dinamis (FBD)

Faktor beban dinamis (FBD) merupakan interaksi antara kendaraan yang bergerak dengan jembatan. Besarnya FBD tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan, biasanya antara 2 sampai 5 Hz untuk kendaraan berat, dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan FBD dinyatakan sebagai beban statik ekuivalen. Harga FBD yang dihitung digunakan pada seluruh bagian bangunan yang berada diatas permukaan tanah. Faktor beban dinamis berlaku pada BGT pada beban lajur ”D” dan beban truk “T” untuk simulasi kejut dari kendaraan yang bergerak pada struktur jembatan. FBD diterapkan pada keadaan batas daya layan dan batas ultimate. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen LE diberikan dengan rumus :

$L_E = \sqrt{L_{av} \times L_{max}}$ …….....……....…… 2.5

Dimana :

L_{AV} = panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.

L_{max} = panjang bentang maksimum dalam kelompok bentang yang disambung secara menerus.

Faktor beban dinamis untuk BGT pada beban lajur “D” tergantung pada panjang bentang, sebagai berikut :

`

1. Bentang (L) < 50 m ; FBD = 0,4..... 2.6

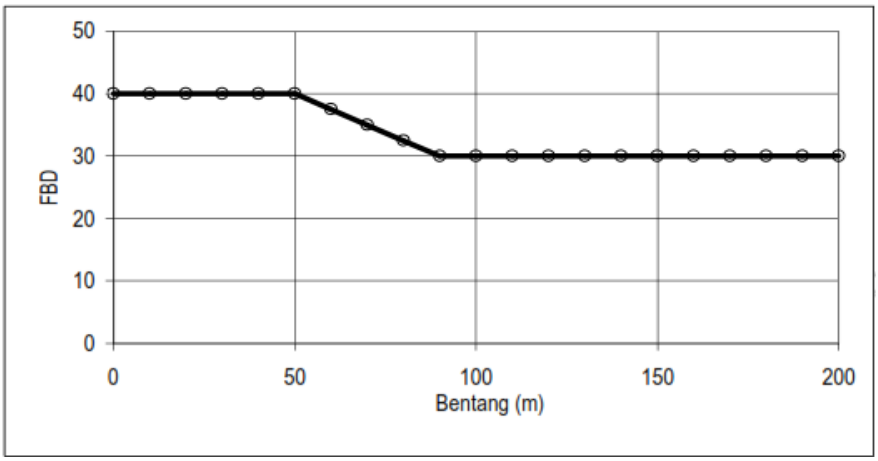
2. 50 ≤ bentang (L) ≤ 90 m ; FBD = 0,525 – 0,0025 L_E…..... 2.7

3. Bentang (L) > 90 m ; FBD = 0,3 ..... 2.8

dimana :

1. Untuk bentang sederhana L_E adalah panjang bentang aktual
2. Untuk bentang meneurs L_E dicari menggunakan rumus pada persamaan 2.5

Faktor beban dinamis untuk beban truk "T", FBD diambil 0,4.



Gambar 7. Faktor beban dinamis untuk BGT untuk pembebanan lajur "D".
(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

5) Gaya rem

Bekerjanya gaya-gaya diarah memanjang jembatan akibat gaya rem dan traksi harus ditinjau untuk kedua jurusan lalu lintas. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan gaya rem sebesar 5% dari beban lajur D yang dianggap ada pada semua jalur lalu lintas tanpa dikalikan dengan faktor beban dinamis dan dalam satu jurusan. Gaya rem tersebut dianggap bekerja horizontal dalam arah sumbu jembatan

dengan titik lengkap setinggi 1,8 m diatas permukaan lantai kendaraan.

Beban lajur D disini tidak direduksi jika panjang bentang > 30 m, digunakan rumus 1 : q = 9 kPa.

Tabel 8. Faktor beban akibat gaya rem

	Faktor beban	
Jangka waktu	$K_{S;;TB;}$	$K_{U;;TB;}$
Transien	1	1,8

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa memperhitungkan pengaruh beban lalu lintas vertikal. Dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem maka faktor beban ultimit terkurangi sebesar 40% boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal. Pembebanan lalu lintas 70% dan faktor pembesaran di atas 100% BGT dan BTR tidak berlaku untuk gaya rem.

b. Pembebanan untuk pejalan kaki

Tabel 9. Faktor beban akibat pembebanan untuk pejalan kaki

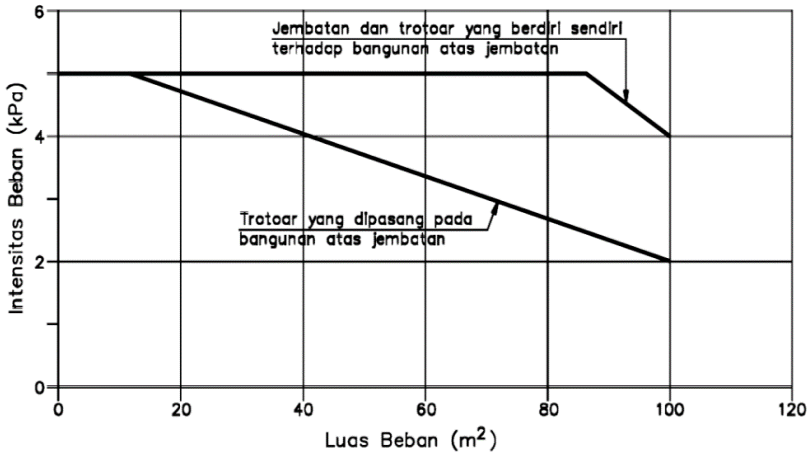
	Faktor beban	
Jangka waktu	$K_{S;;TP;}$	$K_{U;;TP;}$
Transien	1	1,8

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang lansung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembaan jalan raya harus

`

direncanakan untuk memikul beban per m^2 dari luas yang dibebani seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Pembebanan untuk pejalan kaki.
(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Tabel 10. Intensitas beban pejalan kaki untuk trotoar jembatan

Luas terpikul oleh unsur (m2)	Intensitas beban pejalan kaki nominal (kPa)
$A \leq 10\ m^2$	5
$10A\ m^2 < A < 100\ m^2$	5,333 – A/30
$A > 100\ m^2$	2

(Sumber : Panduan Perencanaan Teknik Jembatan BMS 1992)

Luas yang dibebani adalah luas yang terkait dengan elemen bangunan yang ditinjau. Untuk jembatan pembebanan lalu lintas dan pejalan kaki jangan diambil secara bersamaan pada keadaan batas ultimit. Apabila trotoar memungkinkan digunakan untuk kendaraan ringan dan ternak maka trotoar harus direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 kN.

`

3. Aksi lingkungan

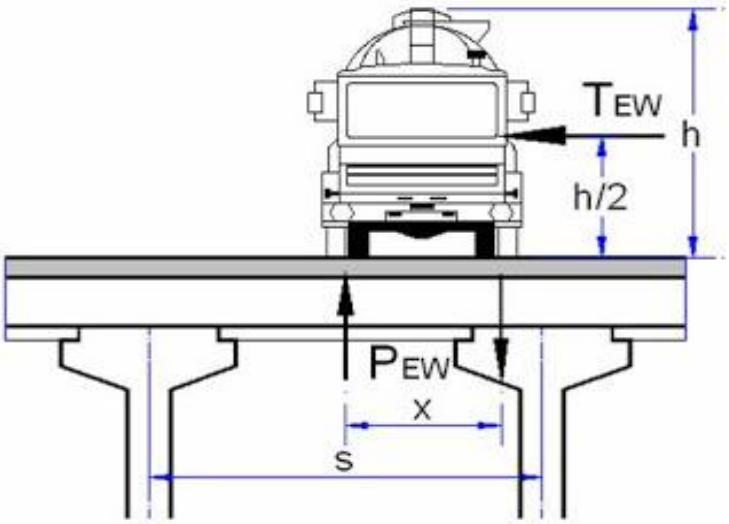
Aksi lingkungan terdiri dari pengaruh temperatur, angin, banjir, gempa, dan penyebab-penyebab alamiah lainnya. Besarnya beban rencana yang diberikan dalam standar ini dihitung berdasarkan analisa statistik dari kejadian-kejadian umum yang tercatat tanpa memperhitungkan hal khusus yang mungkin akan memperbesar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

a. Beban angin

Tabel 11. Faktor beban akibat beban angin

	Faktor beban	
Jangka waktu	$K_{S;;EW;}$	$K_{U;;EW;}$
Transien	1	1,2

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)



Gambar 9. Pengaruh tekanan angin bekerja.
(Sumber : Taims, 2013)

`

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

$T_{EW1} = 0{,}0006 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_{b1}$ (kN) 2.9

V_w = kecepatan angin rencana (m/s) untuk keadaan batas yang ditinjau

C_W = koefisien seret – lihat tabel 27

A_b = luas koefisien bagian samping jembatan (m^2)

Tabel 12. Kecepatan angin rencana

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

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Luas ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian yang masif dalam arah tegak lurus sumbu memanjang jembatan. Untuk jembatan rangka, luas ekuivalen ini dianggap 30% dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian terluar. Angin harus dianggap bekerja secara merata pada seluruh bangunan atas. Apabila suatu kendaraan sedang berada di atas jembatan, beban garis merata tambahan arah horisontal harus diterapkan pada permukaan lantai dengan persamaan, sbb:

$T_{EW2} = 0{,}0012 \times C_w \times (V_w)^2 \times A_b$ (kN) 2.10

Dengan $C_w = 1{,}2$ 2.11

`

Tabel 13. Koefisien seret C_w

Tipe jembatan	C_W
Bangunan atas masif : (1),(2)	
b/d = 1,0	2,1 (3)
b/d = 2,0	1,5 (3)
b/d ≥ 6,0	1,25 (3)
Bangunan atas rangka	1,2

Catatan (1) b = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran
d = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran yang masif
Catatan (2) untuk harga antara dari b/d bisa diinterpolasi linier
Catatan (3) apabila bangunan atas mempunyai superelevasi C_W harus dinaikan sebesar 3 % untuk setiap drajat superelevasi dengan kenaikan maksimum 2,5%

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

b. Gaya akibat perubahan suhu

Tabel 14. Faktor beban akibat pengaruh temperatur/suhu

JANGKA WAKTU	FAKTOR BEBAN		
	$K_{S;:ET;}$	$K_{U;:ET;}$	
		Biasa	Terkurangi
Transien	1	1,2	0,8

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Variasi 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

2) Variasi temperatur 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 diwaktu malam. Pada tipe jembatan yang lebar mungkin diperlukan untuk meninjau gradien perbedaan temperatur dalam arah melintang.

Tabel 15. temperatur jembatan nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar/ boks beton	15℃	40℃
Lantai beton diatas gelagar , boks / rangka baja	15℃	40℃
Lantai pelat baja diatas gelagar, boks / rangka baja	15℃	45℃
Catatan (1) temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5℃ untuk lokasi yang terletak pada ketinggian > 500m dpl.		

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

Tabel 16. sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	12 x 10^{-6}/℃	200.000
Beton:		
Kuat tekan < 30 MPa	10 x 10^{-6}/℃	25.000
Kuat tekan > 30 MPa	11 x 10^{-6}/℃	34.000
Alumunium	24 x 10^{-6}/℃	70.000

(Sumber : Standar Pembebanan untuk Jembatan RSNI T-02-2005)

c. Beban gempa

Untuk menentukan beban gempa tahapan perhitungan yang perlu dilakukan yaitu :

1. Menghitung berat total beban mati (Wt) dengan rumus :

   $Wt = (Q_{MS} + Q_{MA}) \times L$ …….……..….....… 2.12

   Dimana :

   Wt : berat total bangunan (kN)

   Q_{MS} : beban mati

   Q_{MA} : beban mati tambahan

   L : panjang bentang

2. Menghitung momen inersia (I) dengan rumus :

   $I = \frac{1}{12} \times b \times h^3$ …….……..…...…….....…… 2.13

   Dimana :

   b : lebar girder (m)

   h : tinggi girder (m)

3. Menghitung kekuatan lentur girder (Kp)

   $Kp = 48 \times Ec \times \frac{I}{L^3}$…….……..…….....…..... 2.14

   Dimana :

   Kp : kekakuan gabungan gaya horizontal yang di perlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar.

   Ec : modulus elastisitas beton

4. Menghitung waktu getar (T)

   $T = 2\pi \times \frac{Wt}{g \times Kp}$ …….……..……..….....… 2.15

5. Memperoleh nilai PGA/C/SA dari http://puskim.pu.go.id dengan memasukkan nama kota yang ditinjau dan mengganti jenis batuan menjadi tanah lunak (E)

`

6. Mencari nilai faktor perangkakan (F) dengan rumus :

   $F = 1{,}25 - 0{,}025 \times n$ …….……..……...…….. 2.16

   Dimana n merupakan jumlah sendi plastis

7. Faktor tipe struktur (S) dicari dengan rumus, sebagai berikut :

   $S = 1 \times F$ …….…….....….....… 2.17

8. Koefisien beban gempa horizontal (Kh) dicari degan rumus :

   $Kh = C \times S$ …….……...…...…..... 2.18

   Dimana :

   C : koefisien geser dasar waktu dan kondisi setempat yang sesuai

   S : faktor tipe bangunan

9. Koefisien beban gempa vertikal (Kv) dicari dengan rumus :

   $Kv = 50\% \ Kh$ ……...…….……...….……2.19

10. Gaya gempa vertikal (T_{EQ})

    $T_{EQ} = Kv \times Wt$ …….……...……....……2.20

11. Beban gempa vertikal (Q_{EQ})

    $Q_{EQ} = \frac{T_{EQ}}{L}$…….……..……..……..…..……2.21

12. Gaya geser dan momen akibat beban gempa (EQ) dicari dengan rumus, sebagai berikut :

    Lintang $(V_{EQ}) = \frac{1}{2} \times Q_{EQ} \times L$ …….……..…..…….....……... 2.22

    Momen $(M_{EQ}) = \frac{1}{8} \times Q_{EQ} \times L^2$ …….…….....……2.23

D. Beton

Beton adalah bahan bangunan yang dibuat dari air, semen, agregat halus, agregat kasar yang bersifat keras seperti batuan (Tjokrodimuljo, 2007) . Beton memiliki

`

sifat getas sehingga mempunyai kuat tekan tinggi namun kuat tariknya lemah. Kuat tekan beton dapat dipengaruhi oleh umur beton, faktor air-semen, kepadatan, jumlah pasta semen, jenis semen, sifat agregat. Berdasarkan kuat tekannya beton dapat dibagi menjadi beberapa jenis tabel 17.

Tabel 17. Jenis beton menurut kuat tekan

Jenis beton	Kuat tekan (MPa)
Beton sederhana (plain concrete)	≤ 10 MPa
Beton normal (beton biasa)	15 – 30 MPa
Beton prategang	30 – 40 MPa
Beton kuat tekan tinggi	40 – 80 MPa
Beton kuat tekan sangat tinggi	>80 MPa

(Sumber : Tjokrodimuljo, 2007)

Beton sederhana memiliki kuat tekan ≤ 10 MPa, dipakai untuk pembuatan bagian-bagian non-struktur misalnya perkerasan lantai atau dinding bukan penahan beton. Beton normal dipakai untuk struktur beton bertulang, bagian-bagian struktur penahan beban misalnya kolom, balok, dinding yang menahan beban. Khusus untuk struktur beton yang berada di daerah gempa kuat tekan minimum 20 MPa. Beton prategang untuk balok prategang yaitu balok dengan baja tulangan yang ditarik sebelum diberi beban. biasanya digunakan untuk balok jembatan dan balok gedung dengan bentang agak panjang (±35m), tiang pancang, sedangkan untuk beton kuat tekan tinggi dan sangat tinggi digunakan pada konstruksi khusus misalnya bantalan rel kereta api , tiang pancang, balok dan kolom pada gedung yang bertingkat sangat banyak.

1. Modulus elastisitas

   Modulus elastisitas bergantung pada modulus elastisitas agregat dan pastanya.

`

Dalam perhitungan struktur boleh diambil nilai modulus elastisitas beton sebagai berikut :

$Ec = W_C^{1,5} \times 0,043 \times \sqrt{f'c}$ untuk Wc = 15 - 25 .....2.24

$Ec = 4700 \times \sqrt{f'c}$ untuk beton normal.....2.25

Dimana :

Ec : modulus elastisitas beton (MPa)

Wc : berat jenis beton (kN/m^3)

f'c : kuat tekan beton (MPa)

2. Angka poisson

   Berdasarkan RSNI T-04-2005 angka poisson beton (υ) adalah 0,2.....2.26

3. Koefisien muai panas

   Berdasarkan RSNI T-04-2005 Koefisien muai panjang beton akibat panas diambil sebesar 10×10^{-6} °C dengan pertimbangan bisa bervariasi ± 20% atau ditentukan dari hasil pengujian

4. Pada lingkungan yang korosif atau lingkungan laut perlindungan terhadap beton harus ditingkatkan sesuai keperluan, dengan cara meningkatkan mutu beton,menambah kepadatan serta kerapatan dan kekedapan air dengan cara mengurangi rasio air-semen yang digunakan. Bila dianggap perlu aditif bisa ditambahkan dalam campuran beton.

5. Perencanaan keawetan jangka panjang beton berdasarkan RSNI T-04-2005

   Persyaratan pada standar ini berlaku untuk struktur dan komponen beton bertulang dan beton prategang dengan umur rencana 50 tahun atau lebih dimana persyaratan diberlakukan dengan kondisi dan klasifikasi lingkungan. Klasifikasi lingkungan dapat dilihal pada Tabel 18.

`

Tabel 18. Klasifikasi lingkungan

Keadaan permukaan dan lingkungan	Klasifikasi lingkungan
1. Komponen struktur yang berhubungan langsung dengan tanah	
a.bagian komponen yang dilindungi lapisan tahan lembab atau kedap air	A
b. bagian komponen lainnya didalam tanah yang tidak agresif	A
c. bagian komponen didalam tanah yang agresif (tanah permeable dengan ph < 4 atau dengan air tanah yang mengandung ion sulfat > 1 g/l)	U
2. Komponen struktur dialam ruangan tertutup didalam bangunan, kecuali untuk keperluan pelaksanaan dalam waktu yang singkat	A
3. Komponen struktur diatas permukaan tanah dalam lingkungan terbuka:	
a. Daerah dipedalaman (> 50 km dari pantai) dimana lingkungan adalah	
(1) bukan daerah industri dan berada dalam iklim yang sejuk	A
(2) bukan daerah industri namun beriklim tropis	B1
(3) daerah industri dalam iklim sembarang	B1
b. daerah dekat pantai (1 km -50 km dari garis pantai, iklim sembarang)	B1
c. daerah pantai (< 1 km dari garis pantai tetapi tidak dalam daerah pasang surut), iklim sembarang	B2
4. Komponen struktur didalam air	
a. Air tawar	B1
b. Air laut :	
(1) Terendam secara permanen	B2
(2) Berada didaerah pasang surut	C
c. Air yang mengalir	U
5. Komponen struktur didalam lingkungan lainnya yang tidak terlindung dan tidak termasuk dalam kategori yang disebutkan diatas	U

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan RSNI T-04-2005)

`

6. Persyaratan selimut beton

Tabel 19. Selimut beton untuk acuan dan pemadatan standar

Klasifikasi lingkungan	Tebal selimut beton nominal (mm) untuk beton dengan kuat tekan f'c yang tidak kurang dari				
	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 MPa	40 MPa
A	35	30	25	25	25
B1	(65)	45	40	35	25
B2	-	(75)	55	45	35
C	-	-	(90)	70	60

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan RSNI T-04-2005)

Tabel 20. Selimut beton untuk acuan kaku dan pemadatan intensif

Klasifikasi lingkungan	Tebal selimut beton nominal (mm) untuk beton dengan kuat tekan f'c yang tidak kurang dari				
	20 MPa	25 MPa	30 MPa	35 MPa	40 MPa
A	25	25	25	25	25
B1	(50)	35	30	25	25
B2	-	(60)	45	30	25
C	-	-	(65)	50	40

(Sumber : Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan RSNI T-04-2005)

Tabel 21. Selimut beton untuk komponen yang dibuat dengan cara diputar

Klasifikasi Lingkungan	Kuat tekan beton f'c (MPa)	Selimut beton (mm)
A,B1	35	20
B2	40	25
	60	20
C	40	35

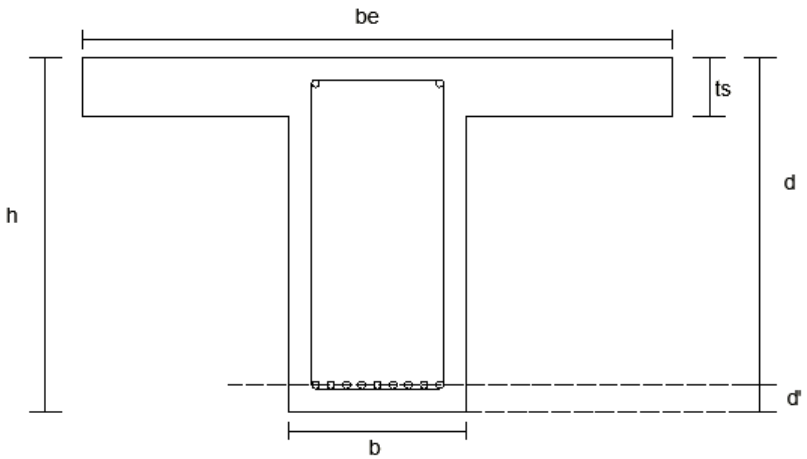
(Sumber : Perencanaan Struktur Beton untuk Jembatan RSNI T-04-2005)

Tebal selimut beton untuk klasifikasi lingkungan tertentu yang nilai nominalnya berada di dalam kurung merupakan angka yang tidak dianjurkan untuk digunakan tetapi apabila tidak ada alternatif lain dalam penggunaan mutu beton dan struktur berada dalam klasifikasi lingkungan tersebut maka nilai selimut beton tersebut dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan.

`

E. Analisis balok T

Balok T adalah suatu balok yang pengecorannya dilakukan secara monolit dengan plat, sehingga plat beton diperhitungkan sebagai sebagai sayap dari balok. Bentuk penampang balok T dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Penampang balok T.

1. Lebar efektif balok T (be)

   Berdasarkan panduan perencanaan teknik jembatan BMS 1992 bagian 6 mengenai perencanaan beton struktural lebar effektif (be) balok T diambil dari nilai terkecil dari hasil rumus berikut :

   a. be = $\frac{L}{5}$ 2.27

   b. be = sg 2.28

   c. be = 12 ts 2.29

   dimana :

   L adalah panjang bentang jembatan

   sg adalah jarak antar girder

   ts adalah tebal slab

`

2. Faktor reduksi kekuatan

berdasarkan RSNI T-04-2005 faktor reduksi kekuatan diambil dari nilai-nilai berikut:

a. Lentur : 0,8

b. Geser dan Torsi : 0,7

c. Aksial tekan

1) Dengan tulangan spiral : 0,7

2) Dengan sengkang biasa : 0,65

d. Tumpuan beton : 0,7

3. Analisis tulangan lentur tunggal

Cara analisis balok penampang T hampir sama dengan balok persegi. Distribusi tegangan tekan pada beton mengikuti blok tegangan whitney. Prosedur analisis kuat momen nominal(Mn), untuk suatu penampang T dapat dibedakan menjadi 2 macam kategori, sebagai berikut :

a. Tinggi efektif blok tegangan whitney (a) $\leq$ tebal sayap (ts) maka analisis Mn dilakukan seperti analisis balok persegi bertulangan tunggal yang membedakan adalah lebar daerah tekan sama dengan lebar effektif sayap (be).

b. Tinggi efektif blok tegangan whitney (a) > tebal sayap (ts) maka analisis Mn menggunakan analisis balok penampang T.

Langkah-langkah dalam menganalisis balok T bertulangan tunggal jika (a) $\leq$ (ts) adalah sebagai berikut:

1) Menentukan lebar effektif (be)

2) Memeriksa nilai ρ dengan rumus, sbb:

`

a) $\rho_b = \beta \times 0{,}85 \times \frac{f'c}{fy} \times \frac{600}{(600 + fy)}$ …….....……...…...……2.30

dimalai nilai β adalah sebesar 0,85 sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu:

(1) $\beta = 0{,}85$ untuk $f'c \leq 30$ Mpa ....……2.31

(2) $\beta = 0{,}85 - 0{,}008\ (f'c - 30)$ untuk $f'c > 30$ Mpa …....…2.32

b) $\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times Rn}{fy}}\right)$ …….……...……..……2.33

dimana nilai m didapat dari rumus :

$m = \frac{fy}{0{,}85 \times f'c}$ ……..…….....2.34

c) $\rho_{min} = \frac{1{,}4}{fy}$ ……..……...……2.35

d) $\rho_{max} = 0{,}75\ \rho_b$ ……...…….2.36

dimana nilai ρ diambil dari ketentuan, sbb:

(1) $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ nilai yang diambil adalah ρ (tulangan tunggal)

(2) $\rho_{min} > \rho$ nilai yang diambil adalah nilai ρ_{min} (tulangan tunggal)

(3) $\rho > \rho_{max}$ nilai yang diambil adalah nilai ρ.

Karena beban yang dipikul cukup besar dan luas penampang yang kecil, As tarik tidak mampu menahan beban sehingga dibutuhkan As tekan. (tulangan rangkap)

3) Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) dengan rumus

$Mn = \frac{Mu}{\emptyset}$ …….....……...……2.37

Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

`

4) Mencari nilai faktor tahanan nominal (Rn) dengan rumus

$$Rn = \frac{Mn}{(be \times d^2)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.38$$

dimana nilai be adalah lebar effektif dan d adalah tinggi effektif girder yang dapat dicari dengan tinggi girder (h) dikurangi jarak pusat tulangan (d') atau dapat ditulis dengan rumus sbb :

$$d = h - d' \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.39$$

$$d' = 0{,}1 \times h \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.40$$

5) Mencari nilai Luas tulangan Perlu (As)

$$As = \rho \times be \times d \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.41$$

6) Merencanakan jumlah tulangan yang diperlukan

$$n = \frac{AS}{0{,}25 \times \pi \times d^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.42$$

dimana d adalah diameter tulangan yang digunakan

7) Menghitung As_{baru} dengan rumus

$$As_{baru} = n \times \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.43$$

8) Menentukan jumlah baris sesuai dengan banyaknya jumlah tulangan yang digunakan. Untuk mengetahui jumlah baris maka harus mengetahui jarak bersih tulangan dengan rumus, sbb:

$$x = \frac{b - nd - 2p - 2\varnothing s}{(n - 1)} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.44$$

dimana :

nd adalah jumlah tulangan yang diperlukan

p adalah selimut beton

Øs adalah diameter sengkang

`

9) Mengontrol kapasitas ultimit dengan rumus

a) Gaya internal tekan beton pada sayap (Cc)

$Cc = 0{,}85 \times f'c \times be \times ts$ …….....…….....……2.45

b) Gaya internal tarik baja tulangan (Ts)

$Ts = As_{baru} \times fy$ …….……...…….....……2.46

Dimana :

nilai Cc > Ts …….……..…...….....……2.47

10) Mememeriksa nilai regangan pada baja tulangan tarik (ε_s)

$\varepsilon_s = 0{,}003 \times \frac{d - c}{c}$ ……...….……...….…….....…..…..……2.48

dimana d adalah tinggi effektif girder dan c adalah sumbu netral yang didapat dari rumus :

$a = \beta \times c$ ……..…….……..…….....……2.49

$c = \frac{a}{\beta}$ ……....……..…….……..…....…...……2.50

nilai a didapat dari rumus :

$a = \frac{As \times fy}{0{,}85 \times f'c \times b}$ …….…….....…….....…2.51

11) Mencari nilai Momen ultimit terpasang

Perhitungan dikatakan berhasil atau sesuai jika Mu terpasang > Mu rencana. Mencari nilai Mu terpasang maka digunakan tahapan sbb:

a) Mencari nilai Mn

$Mn = As \times fy \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$ ……...….……....…....…2.52

Dimana As yang digunakan adalah As baru

b) Mencari Mu terpasang

$Mu = \frac{Mu}{\emptyset}$ …….…….....…….....……2.53

`

4. Analisis dan desain balok terhadap geser

Perencanaan penampang terhadap geser berdasarkan RSNI T-04-2005 harus didasarkan kepada :

$Vu \leq \Phi Vn$ ……..……...…….….……2.54

$Vn = Vc + Vs$ ……..……...….…….……2.55

$Vs = Vn - Vc$……..……..…….……2.56

Dimana :

Vu adalah gaya geser terfaktor pada penampang

Vn adalah kuat geser nominal

Vc adalah kuat geser nominal yang disumbangkan beton

Vs adalah kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

a. Syarat – syarat tulangan geser

1) Apabila $0{,}5\Phi Vc < Vu \leq \Phi Vc$ harus dipasang tulangan minimum sesuai persamaan 2.57. Tulangan geser minimum dapat tidak dipasang untuk balok dimana kebutuhan kekuatan geser terfaktor $Vu \leq 0{,}5\Phi Vc$ atau bila $Vu \leq \Phi Vc$ dan tinggi total Balok tidak melampaui nilai terbesar dari 250 mm, 2,5 kali tebal sayap atau ½ lebar bagian sayap

$$Vs = \frac{(Av \times fy \times d)}{s}$$ …….....……...…….……2.57

2) Apabila $Vu > \Phi Vc$ tulangan geser harus dipasang dengan perencanaaan tulangan geser

b. Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

Rumus ntuk komponen struktur yang dibebani geser dan lentur saja

`

dapat dilihat pada persamaan 2.58.

$$Vc = \left(\frac{\sqrt{f'c}}{6}\right) \text{ x bw x d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.58$$

c. Kuat geser disumbangkan oleh tulangan geser

Batas spasi maksimum Smax dan luas tulangan geser Av dapat dihitung berdasarkan aturan sebagai berikut :

1) Untuk tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen Struktur dapat dilihat pada persamaan 2.57

2) Untuk tulangan geser miring

$$Vs = \frac{Av \text{ x } fy \text{ x } (\sin\alpha + \cos\alpha) \text{ x } d}{s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.59$$

dengan α sebagai sudut antara sengkang miring dan sumbu longitudinal komponen struktur.

a) $Smax = \frac{d}{2}$ atau 600 mm bila $Vs \leq \frac{1}{3}\sqrt{f'c}$ x bw x d ……..…2.60

b) $Smax = \frac{d}{4}$ atau 300 mm bila $Vs > \frac{1}{3}\sqrt{f'c}$ x bw x d ……..…2.61

Dimana nilai $Vsmax \leq \frac{2}{3}\sqrt{f'c}$ x bw x d ……..…..……...……2.62

d. Tulangan geser minimum

Menurut pasal 5.2.5 atau hasil analisis yang diperlukan tulangan geser maka luas minumum tulangan geser dihitung dengan

$$Av_{min} = \frac{1}{3}\,\frac{bw \text{ x } s}{fy} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.63$$

Dimana :

bw : lebar badan balok (mm)

s : jarak antar sengkang

fy : tegangan leleh baja (MPa)

`

5. Lendutan

Langkah – langkah menghitung lendutan :

a. Mencari nilai perbandingan modulus elastisitas (n) dengan rumus :

$$n = \frac{Es}{Ec} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.64$$

dimana :

Es : modulus elastisitas baja

Ec : modulus elastisitas beton

b. Jarak garis netral terhadap sisi atas beton (c) dicari dengan menggunakan rumus :

$$c = \frac{n \times As}{b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.65$$

dimana :

As : luas tulangan balok

b : lebar girder

n : nilai perbandingan modulus elastisitas

c. Mencari nilai inersia retak transformasi ke beton (Icr)

$$Icr = \frac{1}{3} \times b \times c^3 + n \times As \times (d-c) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.66$$

Dimana :

b : lebar girder

c : jarak garis netral terhadap sisi atas beton

n : nilai perbandingan modulus elastisitas

As : luas tulangan balok

d : tinggi effektif girder

`

d. Mencari momen retak (Mcr) dengan rumus:

$fr = 0{,}75 \text{ x } \sqrt{f'c}$ ……..……...2.67

$Ig = \frac{1}{12} \text{ x b x } h^3$ ……...……2.68

$yt = \frac{h}{2}$ ……...…….....……..……2.69

$Mcr = \frac{fr \text{ x } Iy}{yt}$……...……...……..……2.70

dimana :

fr : modulus keruntuhan lentur

Ig : inersia bruto penampang

e. Mencari nilai momen akibat beban mati dan beban hidup (M_a)

$M_a = MS + MA + D + TB$ ..……...…..….....….....…2.71

Dimana:

MS : berat sendiri

MA : beban mati tambahan

D : beban lajur

TB : gaya rem

f. Mencari nilai inersia untuk perhitungan lendutan (Ie)

$I_e = \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3 \text{ x Ig x } \left(1 - \left(\frac{M_{cr}}{M_a}\right)^3\right) \text{ x } I_{cr}$ ……..…….....…...……2.72

g. Mencari lendutan akibat beban sendiri (δMS)

$\delta MS = \frac{\frac{5}{384} \text{ x QMS x } L^4}{Ec \text{ x Ie}}$ ……...……..……...……2.73

h. Mencari lendutan akibat beban mati tambahan (δMA)

$\delta MS = \frac{\frac{5}{384} \text{ x QMA x } L^4}{Ec \text{ x Ie}}$ …….…..……...……2.74

`

i. Mencari lendutan akibat beban lajur (δTD)

$$\delta TD = \frac{\frac{5}{384} \text{ x QTD x } L^4}{\text{Ec x Ie}} + \frac{\frac{1}{48} \text{ x PTD x } L^3}{\text{Ec x Ie}} \quad \text{.....2.75}$$

j. Mencari lendutan akibat gaya rem (δTB)

$$\delta TB = \frac{0{,}0642 \text{ x MTB x } L^2}{\text{Ec x Ie}} \quad \text{.....2.76}$$

k. Mencari lendutan akibat beban angin (δEW)

$$\delta EW = \frac{\frac{5}{384} \text{ x QEW x } L^4}{\text{Ec x Ie}} \quad \text{.....2.77}$$

l. Mencari lendutan akibat pengaruh temperatur (δET)

$$\delta ET = \frac{0{,}0642 \text{ x MET x } L^2}{\text{Ec x Ie}} \quad \text{.....2.78}$$

m. Mencari lendutan akibat beban gempa (δEQ)

$$\delta EQ = \frac{\frac{5}{384} \text{ x QEQ x } L^4}{\text{Ec x Ie}} \quad \text{.....2.79}$$

n. Mencari lendutan maksimum (δMax) berdasarkan tabel 9.5(b) SNI-2847-2013

$$\delta Max = \frac{L}{240} \quad \text{.....2.80}$$

6. Tulangan bagi (tekan) kekuatan minimum

kekuatan nominal dalam lentur pada penampang kritis beton harus diambil tidak < 1,2 Mcr (momen retak) yang dipenuhi oleh suatu persyaratan tulangan tarik minimum sebagai berikut :

pada balok T sederhana dengan bagian sayap tertarik Asmin tidak boleh kurang dari nilai terkecil diantara rumus berikut:

a. $As_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{2fy}$ x bw x d 2.81

`

b. $As_{min} = \frac{\sqrt{f'c}}{4fy}$ x bf x d …….……....……2.82

F. Analisis diafragma

Tahapan pengerjaan analisis diafragma adalah sebagai berikut :

1. Mencari gaya geser dan momen akibat beban sendiri (MS), gaya geser dan momen akibat beban tambahan (M_{MA}) dan gaya geser dan momen akibat beban truk.
2. Mencari kombinasi beban ultimit untuk mendapatkan lintang dan momen ultimit.
3. Melakukan perhitungan untuk pembesian balok diafragma.
   a. Menentukan lebar effektif (be)
   b. Memeriksa nilai ρ dengan persamaan 2.30

      dimalai nilai βsesuai dengan ketentuan persamaan 2.31 dan 2.32
   c. ρ didapat dengan persamaan 2.33

      dimana nilai m didapat dengan persamaan 2.34
   d. ρ_{min} didapat dengan persamaan 2.35
   e. ρ_{max} didapat dengan persamaan 2.36

      dimana nilai ρ diambil dari ketentuan.
   f. Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) didapat dengan persamaan 2.37. Dimana Mu adalah Momen ultimit dan ∅ adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)
   g. Mencari nilai faktor tahanan nominal (Rn) didapat dengan persamaan 2.38. dimana nilai be adalah lebar effektif dan d adalah tinggi effektif

`

girder yang dapat dicari dengan tinggi girder (h) dikurangi jarak pusat tulangan (d') atau dapat ditulis dengan rumus sbb :

d didapat dengan persamaan 2.39

d' didapat dengan persamaan 2.40

h. Mencari nilai Luas tulangan Perlu (As) didapat dengan persamaan 2.41

i. Merencanakan jumlah tulangan yang diperlukan (n) didapat dengan persamaan 2.42

dimana d adalah diameter tulangan yang digunakan

j. Menghitung As_{baru} didapat dengan persamaan 2.43

k. Menentukan jumlah baris sesuai dengan banyaknya jumlah tulangan yang digunakan. Untuk mengetahui jumlah baris maka harus mengetahui jarak bersih tulangan yang didapat dengan persamaan 2.44

4. Menghitung tulangan geser.

Perencanaan penampang terhadap geser berdasarkan RSNI T-04-2005 harus didasarkan kepada

$Vu \leq \Phi Vn$ didapat dengan menggunakan persamaan 2.54

$Vn = Vc + Vs$ didapat dengan menggunakan persamaan 2.55

$Vs = Vn - Vc$ didapat dengan menggunakan persamaan 2.56

Dimana :

Vu adalah gaya geser terfaktor pada penampang

Vn adalah kuat geser nominal

Vc adalah kuat geser nominal yang disumbangkan beton

Vs adalah kuat geser nominal yang disumbangkan oleh tulangan geser

`

a. Syarat – syarat tulangan geser

1) Apabila 0,5ΦVc < Vu ≤ ΦVc harus dipasang tulangan minimum sesuai persamaan 2.57. Tulangan geser minimum dapat tidak dipasang untuk balok dimana kebutuhan kekuatan geser terfaktor Vu ≤ 0,5ΦVc atau bila Vu ≤ ΦVc dan tinggi total Balok tidak melampaui nilai terbesar dari 250 mm, 2,5 kali tebal sayap atau ½ lebar bagian sayap

$$Vs = \frac{(Av \times fy \times d)}{s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.57$$

2) Apabila Vu > ΦVc tulangan geser harus dipasang dengan perencanaaan tulangan geser

b. Kuat geser yang disumbangkan oleh beton

Untuk komponen struktur yang dibebani geser dan lentur saja di dapat dengan menggunakan persamaan 2.58

c. Kuat geser disumbangkan oleh tulangan geser

Batas spasi maksimum Smax dan luas tulangan geser Av dapat dihitung berdasarkan aturan sebagai berikut :

1) Untuk tulangan geser yang tegak lurus terhadap sumbu aksial komponen Struktur didapat dengan persamaan 2.57

2) Untuk tulangan geser miring didapat dengan menggunakan persamaan 2.59 dengan α sebagai sudut antara sengkang miring dan sumbu longitudinal komponen struktur.

Smax didapat dengan menggunakan persamaan 2.60 dan 2.61

Dimana nilai Vsmax didapat dengan persamaan 2.62

`

d. Tulangan geser minimum

Menurut pasal 5.2.5 atau hasil analisis yang diperlukan tulangan geser maka luas minumum tulangan geser dihitung dengan Av_{min} didapat dengan menggunakan persamaan 2.63

5. Menghitung tulangan lentur.

Langkah – langkah menghitung lendutan :

a. Mencari nilai perbandingan modulus elastisitas (n) didapat dengan menggunakan persamaan 2.64
b. Jarak garis netral terhadap sisi atas beton (c) didapat dengan menggunakan persamaan 2.65
c. Mencari nilai inersia retak transformasi ke beton (Icr) didapat dengan menggunakan persamaan 2.66
d. Mencari momen retak (Mcr) dengan tahapan sebagai berikut :

   fr didapat dengan menggunakan persamaan 2.67

   Ig didapat dengan menggunakan persamaan 2.68

   yt didapat dengan menggunakan persamaan 2.69

   Mcr didapat dengan menggunakan persamaan 2.70
e. Mencari nilai momen akibat beban mati dan beban hidup (M_a) didapat dengan menggunakan persamaan 2.71
f. Mencari nilai inersia untuk perhitungan lendutan (Ie) didapat dengan menggunakan persamaan 2.72
g. Mencari lendutan akibat beban sendiri (δMS) didapat dengan menggunakan persamaan 2.73

`

h. Mencari lendutan akibat beban mati tambahan (δMA) didapat dengan menggunakan persamaan 2.74

i. Mencari lendutan akibat beban lajur (δTD) didapat dengan menggunakan persamaan 2.75

j. Mencari lendutan akibat gaya rem (δTB) didapat dengan menggunakan persamaan 2.76

k. Mencari lendutan akibat beban angin (δEW) didapat dengan menggunakan persamaan 2.77

l. Mencari lendutan akibat pengaruh temperatur (δET) didapat dengan menggunakan persamaan 2.78

m. Mencari lendutan akibat beban gempa (δEQ) didapat dengan menggunakan persamaan 2.79

n. Mencari lendutan maksimum (δMax) didapat dengan menggunakan persamaan 2.80

G. Analisis beban slab lantai jembatan

Tahapan yang dilakukan untuk mendapatkan beban slab , sbb :

1. Menghitung berat sendiri (MS) dengan rumus :

Q_{MS} = b x h x Wc ……2.83

Dimana :

b : lebar slab lantai jembatan

h = ts : tebal slab lantai jembatan

Wc : berat beton bertulang

`

2. Menghitung beban mati tambahan (MA) dengan rumus :

   Q_{MA} = beban lapisan aspal dan overlay + beban air hujan ……..…2.84

3. Menghitung Beban truk T

   Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T) yang besarnya 112,5 kN dan faktor beban dinamis untuk pembebanan truk (DLA) diambil nilai 0,4 maka didapat beban truk dengan rumus , sbb:

   P_{TT} = (1+ DLA) x T …….……2.85

4. Menghitung Beban angin (EW)

   Menghitung T_{EW1} dengan persamaan 2.9 dan T_{EW2} dengan persamaan 2.10

   Bidang vertikal yang ditiup angin merupakan bidang samping kendaraan dengan tinggi (h) 2 m diatas lantai jembatan dan jarak antar roda jembatan (x) 1,75 m sehingga didapat rumus transfer beban angin ke lantai jembatan, sbb :

   $P_{EW} = \frac{1/2\ h}{X \times T_{EW}}$ .....……...…….....…2.86

5. Pengaruh temperatur (ET)

   Untuk memperhitungkan tegangan maupun deformasi struktur yang timbul akibat pengaruh temperatur, diambil perbedaan temperatur yang besarnya setengah dari selisih antara temperatur maksimum dan temperatur minimum rata-rata pada jembatan.

   Temperatur maksimum rata-rata (T_{max}) : 40 ℃

   Temperatur minimum rata-rata (T_{min}) : 15 ℃

`

Sehingga didapat nilai perbedaan temperatur pada slab dengan rumus :

$\Delta T = \frac{T_{max} - T_{min}}{2}$ …….....……2.87

Koefisien muai panjang untuk beton 1 x 10^{-6}°C

6. Menghitung momen pada slab lantai jembatan

   momen maksimum slab lantai jembatan dihitung dengan menggunakan metode one way slab. Koefisien momen lapangan dan momen tumpuan untuk bentang menerus dengan beban merata terpusat dan perbedaan temperatur adalah sebagai berikut :

   beban merata (Q) : $M = k \times Q \times s^2$ ……...…2.88

   beban terpusat (P) : $M = k \times P \times s$ ……..……2.89

   beban temperatur (ΔT) : $M = k \times \alpha \times \Delta T \times Ec \times s^3$……....….……2.90

   dimana :

   k adalah koefisien momen

   s adalah jarak antar girder

7. Mencari total momen ultimit tumpuan dan lapangan dengan menggunakan kombinasi

8. Penulangan slab

   a. Mencari tulangan lentur negatif

      Tahapan untuk mencari tulangan lentur negatif sebagai berikut :

      1) Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')

      2) Tebal effektif slab beton (d)

         Nilai d didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.39 dimana h adalah tebal slab beton

`

3) Mencari nilai ρ_b dengan rumus :

Nilai ρ_b didapat dengan menggunakan persamaan 2.30

dimalai nilai β sesuai ketentuan pada persamaan 2.31 dan 2.32

4) Nilai ρ_b didapat dengan menggunakan persamaan 2.33

dimana nilai m didapat dari persamaan 2.34.

jika persamaan 2.34 dimasukkan ke persamaan 2.33 maka rumus akan menjadi :

$$\rho = 0{,}85 \text{ x } \frac{f'c}{fy} \text{ x } \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2 \text{ x Rn}}{0{,}85 \text{ x } f'c}}\right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.91$$

5) ρ_{min} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.35

6) ρ_{max} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.36

dimana nilai ρ diambil dari ketentuan, sbb:

a) $\rho_{min} < \rho < \rho_{max}$ nilai yang diambil adalah ρ (tulangan tunggal)

b) $\rho_{min} > \rho$ nilai yang diambil adalah nilai ρ_{min} (tulangan tunggal)

c) $\rho > \rho_{max}$ nilai yang diambil adalah nilai ρ (tulangan rangkap)

Karena beban yang dipikul cukup besar dan luas penampang yang kecil, As tarik tidak mampu menahan beban sehingga dibutuhkan As tekan.

7) Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.37

Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

8) Mencari nilai faktor tahanan nominal (Rn) dengan menggunakan persamaan 2.38. dimana nilai b adalah lebar slab dan d adalah tebal effektif slab.

`

$$Rmax = 0{,}75 \times \rho b \times fy \times \frac{1 - \left(\frac{1}{2} \times 0{,}75 \times \rho b \times fy\right)}{0{,}85 \times f'c} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \; 2.92$$

9) Mencari nilai Luas tulangan Perlu (As)

As didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.41

10) Mencari jarak tulangan yang diperlukan (s)

$$s = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{As} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.93$$

dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan

11) Menghitung As_{baru} dengan rumus

$$As_{baru} = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2 \times \frac{b}{s} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.94$$

b. Mencari tegangan lentur positif

1) Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d’)

2) Tebal effektif slab beton (d)

d didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.39

dimana h adalah tebal slab beton

3) Mencari nilai ρ_b dengan menggunakan persamaan 2.30.

dimana nilai β sesuai dengan ketentuan yang berlaku pada persamaan 2.31 dan persamaan 2.32

4) ρ didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.33

dimana nilai m didapat dengan menggunakan persamaan 2.34

jika persamaan 2.34 dimasukkan ke persamaan 2.33 maka rumus akan menjadi seperti pada persamaan 2.91

5) ρ_{min} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.35

6) ρ_{max} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.36

dimana nilai ρ diambil sesuain dengan ketentuan.

`

7) Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) dengan menggunakan persamaan 2.37

Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

8) Mencari nilai Rn dengan persamaan 2.38.

dimana nilai b adalah lebar slab dan d adalah tebal effektif slab.

Rmax didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.92

9) Mencari nilai As dengan menggunakan persamaan 2.41

10) Mencari jarak tulangan yang diperlukan (s) dengan menggunakan persamaan 2.93. dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan.

11) Menghitung As_{baru} dengan menggunakan persamaan 2.94

9. Kontrol lendutan slab

a. Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')

b. Mencari tebal effektif slab (d) dengan menggunakan persamaan 2.39

dimana h adalah tebal slab beton

c. Menghitung Luas tulangan slab (As)

d. Mencari nilai perbandingan modulus elastisitas (n) dengan menggunakan persamaan 2.64

e. Jarak garis netral terhadap sisi atas beton (c) dicari dengan menggunakan persamaan 2.65

dimana :

As : luas tulangan balok

b : lebar slab

`

n : nilai perbandingan modulus elastisitas

f. Mencari nilai inersia retak transformasi ke beton (Icr) dengan menggunakan persamaan 2.66

Dimana :

b : lebar slab

c : jarak garis netral terhadap sisi atas beton

n : nilai perbandingan modulus elastisitas

As : luas tulangan slab

d : tebal effektif slab

g. Mencari momen retak (Mcr) dengan tahapan sebagai berikut :

Menghitung fr dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.67

Menghitung Ig dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.68

Menghitung yt dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.69

Menghitung Mcr didapat dengan menggunakan persamaan 2.70

dimana :

fr : modulus keruntuhan lentur beton

Ig : inersia bruto penampang plat

h. Mencari beban maksimum akibat beban (Ma)

$$Ma = \frac{1}{8} \times Q \times L_x^2 + \frac{1}{4} \times P \times L_x \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2.95$$

Dimana :

Q : $P_{MS} + P_{MA}$ (beban merata)

P : T_{TT} (beban terpusat)

Lx : panjang bentang slab

`

i. Mencari nilai inersia untuk perhitungan lendutan (Ie) dengan persamaan 2.72

j. Mencari nilai lendutan elastis seketika akibat beban mati dan beban hidup (δe) dengan persamaan 2.75

k. Mencari rasio tulangan slab lantai jembatan (ρ)

$$\rho = \frac{As}{b \times d} \quad \ldots\ldots 2.96$$

l. Mencari faktor ketergantungan waktu untuk beban mati dengan jangka waktu > 5 tahun :

$$\lambda = \frac{\zeta}{1+(50 \times \rho)} \quad \ldots\ldots 2.97$$

m. Mencari lendutan jangka panjang akibat rangkak dan susut (δg)

$$\delta g = \frac{\lambda \times \frac{5}{384x} \times Q \times L_x^{\,4}}{Ec \times Ie} \quad \ldots\ldots 2.98$$

n. Mencari lendutan total pada plat lantai jembatan (δtot)

$$(\delta tot) = \delta e + \delta g \quad \ldots\ldots 2.99$$

10. Kontrol tegangan geser spons

a. Mencari kuat geser pons (fv) dengan rumus :

$$fv = 0{,}3 \times \sqrt{f'c} \quad \ldots\ldots 2.100$$

b. Mencari nilai u dan v dengan rumus :

$$u = a + 2 \times ta \times h \quad \ldots\ldots 2.101$$

$$v = b + 2 \times ta \times h \quad \ldots\ldots 2.102$$

c. Mencari luas bidang geser (Av)

$$Av = 2 \times (u + h) \times d \quad \ldots\ldots 2.103$$

d. Mencari gaya geser pons nominal (Pn)

$$Pn = Av \times fv \quad \ldots\ldots 2.104$$

`

e. Mencari beban ultimit roda truk pada slab (Pu)

$Pu = K_{TT} \times P_{TT}$ ….…….……....…2.105

Dimana :

K_{TT} : faktor beban ultimit yang bernilai 2

P_{TT} : beban roda truk pada slab

Nilai Pu > Pn ……...2.106

H. Perhitungan slab trotoar

1. Menghitung berat sendiri trotoar per m lebar
2. Menghitung momen akibat Beban hidup pada pedestrian (M_{TP})

   $M_{TP} = H_1 + H_2 + P + (q \times b_2)$ ….…….……2.107

   Dimana :

   H_1 : beban horisontal pada railing

   H_2 : beban horisontal pada kerb

   P : beban vertikal terpusat

   $q \times b_2$: beban vertikal merata
3. Momen ultimit rencana slab trotoar (Mu)

   $Mu = K_{MS} \times M_{MS} \times K_{TP} \times M_{TP}$ ….……2.108

   Dimana :

   K_{MS} : faktor beban ultimit untuk berat sendiri pedesrian bernilai 1,3

   M_{MS} : faktor beban ultimit untuk beban sendiri pedesrian bernilai 2

   K_{TP} : momen akibat berat sendiri pedesrian

   M_{TP} : momen akibat beban sendiri pedesrian

`

4. Pembesian slab trotoar

a. Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')

b. Tebal effektif slab beton (d) dengan persamaan 2.39

dimana h adalah tebal slab beton

c. Mencari nilai ρ_b dengan rumus dengan persamaan 2.30

dimalai nilai β sesuai dengan ketentuan pada persamaan 2.31 dan 2.32

d. Mencari nilai ρ dengan rumus persamaan 2.33

dimana nilai m didapat dari persamaan 2.34

jika persamaan 2.34 dimasukkan ke persamaan 2.33 maka rumus akan menjadi persamaan 2.91

e. ρ_{min} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.35

f. ρ_{max} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.36

dimana nilai ρ diambil sesuai dengan ketentuan.

g) Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.37

Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

h) Mencari nilai faktor tahanan nominal (Rn) dengan persamaan 2.38

dimana nilai b adalah lebar slab dan d adalah tebal effektif slab.

i) Rmax didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.92

j) Mencari As dengan persamaan 2.41

k) Mencari jarak tulangan yang diperlukan (s) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.93. Dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan.

`

l) Menghitung As_{baru} dengan persamaan 2.94

I. Perhitungan tiang railing

1. Beban tiang railing

   a. Gaya horisontal pada railing (H_{TP})

   $H_{TP} = H_1 + L$ ……2.109

   Dimana:

   H_1 : beban horisontal pada tiang railing

   L : jarak antar tiang railing

   b. Momen horisontal pada railing (M_{TP})

   $M_{TP} = H_{TP} \times y$ ……2.110

   Dimana y adalah lengan terhadap sisi bawah railing

   c. Momen ultimit rencana (Mu)

   $Mu = K_{TP} \times M_{TP}$ ……2.111

   d. Gaya geser ultimit rencana (Vu)

   $Vu = K_{TP} \times H_{TP}$ ……2.112

2. Pembesian tiang railing

   a. Tulangan lentur

      1) Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')

      2) Mencari Tebal effektif slab beton (d) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.39. dimana h adalah tebal slab beton

      3) Mencari nilai ρ_b dengan dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.30. dimalai nilai β adalah sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

`

4) Mencari nilai ρ dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.33 dimana nilai m didapat dari persamaaan 2.34. jika persamaan 2.34 dimasukkan ke persamaan 2.33 maka rumus akan menjadi persamaan 2.91

5) ρ_{min} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.35

6) ρ_{max} didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.36 dimana nilai ρ diambil dari ketentuan.

7) Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) didapat dengan menggunakan persamaan 2.37.

   Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

8) Mencari nilai faktor tahanan nominal (Rn) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.38

   dimana nilai b adalah lebar slab dan d adalah tebal effektif slab.

   Rmax didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.92

9) Mencari nilai Luas tulangan Perlu (As) dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.41

10) Mencari jarak tulangan yang diperlukan (s) didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.93. dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan

11) Menghitung As_{baru} dengan menggunakan persamaan 2.94

b. Tulangan geser

Tahapan pengerjaan perhitungan tulangan geser pada tiang railing adalah sebagai berikut :

`

1. Vc didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.58
2. Φ Vs = Vu - Φ Vc …….……..... 2.113
3. Vs didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.57
4. Mencari luas tulangan geser sengkang

   $Av = \frac{1}{4} \times \Phi^2 \times D$ …….....…….…….…….…..... 2.114

5. Jarak tulangan geser sengkang yang diperlukan

   $S = \frac{Av \times fy \times d}{Vs}$ ….…….....……..... 2.115

J. Perhitungan Pipa Sandaran

1. Analisa pembebanan

   a. Beban vertikal

   $q_{vertikal} = q_{Sandaran} + q_{pipa}$ 2.116

   $M_v = \frac{1}{8} \times q \times L^2$..... 2.117

   b. Beban horizontal

   $q_{horizontal} = q_{Sandaran}$ 2.118

   $M_h = \frac{1}{8} \times q \times L^2$..... 2.119

   c. Kontrol kekuatan pipa

   Mn = 0,9 x fy x Zx 2.120

   $M\ r = \sqrt{Mv^2 + Mh^2}$ 2.121

   Dimana :

   Zx : Section modulus

   M_v : Momen vertikal

`

M_h : Momen horisontal

Mr : Momen resultan

Mn : Momen nominal

d. Resultan momen

$$\frac{Mr}{Mn} < 1 \quad \text{.....2.122}$$

2. Perhitungan Lendutan

a. Rumus lendutan maksimum yang terjadi pada pipa dapat dilihat pada persamaan 2.80.

b. Lendutan yang terjadi akibat beban vertikal

$$\delta x = \frac{5 \text{ x } qv \text{ x } L^4}{384 \text{ x } E \text{ x } I_x} \quad \text{..... 2.123}$$

c. Lendutan yang terjadi akibat beban horizontal

$$\delta y = \frac{5 \text{ x } qh \text{ x } L^4}{384 \text{ x } E \text{ x } I_x} \quad \text{..... 2.124}$$

d. Resultan lendutan

$$\delta R = \sqrt{\delta x^2 + \delta y^2} \quad \text{..... 2.125}$$

K. Perhitungan Kerb

1. Perhitungan statistika kerb

Mn = P x h 2.126

Dimana :

P : beban pada kerb

h : tinggi kerb

2. Rencana penulangan lentur

a. Menentukan nilai ρ dengan menggunakan persamaan 2.33

`

b. Menentukan nilai m dengan persamaan 2.34

c. Menentukan nilai ρ_{min} dengan menggunakan persamaan 2.35

d. Menentukan nilai ρ_{maks} dengan menggunakan persamaan 2.36

dimana nilai ρ diambil sesuai dengan ketentuan.

e. Menentukan nilai Rn dengan persamaan 2.38

f. Menentukan nilai As dengan persamaan 2.41

g. Menentukan nilai As' dengan rumus

As = 0,2 x As 2.127

h. Menentukan nilai gaya internal tarik baja tulangan (T) dengan persamaan 2.46

i. Menentukan nilai T dengan persamaan 2.46

j. Menentukan nilai Cc dengan rumus

Cc = 0,85 x f'c x b x a 2.128

Dimana nilai a belum diketahui

k. Menentukan nilai Cs dengan rumus sebagai berikut :

Cs = As' x fy 2.129

l. Mencari nilai a dengan rumus sebagai berikut :

C = T 2.130

Dimana nilai c didapat dengan rumus :

C = Cc + Cs 2.131

m. Menentukan sumbu netral yang didapat dari persamaan 2.50

n. Menentukan nilai baja tarik ε_s dengan persamaan 2.48

o. Menentukan nilai baja tarik ε_s dengan rumus sebagai berikut :

`

$\varepsilon_s = 0{,}003 \times \frac{d'-c}{c}$ 2.132

p. Menentukan nilai fs dari hasil tegangan baja tarik dan tekan dengan rumus sebagai berikut :

fs = ε_s x Es 2.133

q. Mencari nilai kapasitas nominal penampang dengan tulangan tekan dengan rumus sebagai berikut :

$Mn = Cc \times \left(d - \frac{1}{2} \times a\right)$ 2.134

3. Rencana penulangan geser

a. Menentukan nilai Vc berdasarkan persamaan 2.58

b. Menentukan perlu tidaknya menggunakan tulangan geser dengan persyaratan sebagai berikut :

(1) Bila Vu ≤ 0,5 ϕVc hanya perlu menggunakan tulangan geser praktis

(2) Bila 0,5 ϕVc < Vu < ϕVc menggunakan tulangan geser minimum

(3) Bila Vu ≥ ϕVc perlu dirancanakan tulangan geser

L. Perhitungan Plat injak (*Approach slab*)

1. Plat injak arah melintang jembatan

a. Mencari beban truk

Beban hidup pada lantai jembatan berupa beban roda ganda oleh truk (beban T) yang besarnya 112,5 kN dan faktor beban dinamis untuk pembebanan truk (DLA) diambil nilai 0,4 maka didapat beban truk dengan rumus persamaan 2.86

`

b. Mencari momen pada plat injak menggunakan rumus sebagai berikut:

1) $b' = b + ta$ ……..…….....….……2.135

Dimana :

b : lebar bidang kotak pada truk

ta : tebal lapisan aspal

2) Mencari lebar penyebaran beban terpusat

$r = \frac{b'}{2}$ ……...….....……2.136

dimana :

r : lebar penyebaran beban terpusat

3) Mencari momen max. Pada plat lantai injak akibat beban roda dihitung dengan rumus :

$M_{max} = \frac{T_{TT}}{2} \text{ x } \left[1 - \left(r \text{ x } \frac{\sqrt{2}}{\lambda} \right)^{0.6} \right]$ ……..…….....…2.137

Dengan :

$\lambda = \frac{Ec \text{ x } h^3}{\left(12 \text{ x } \left(1 - \upsilon^2\right) \text{ x } k_s\right)^{0,25}}$ …....……..…..…....……2.138

dimana :

Ec : modulus elastisitas beton

υ : angka poisson

ks : standard modulus of soil reaction

4) Mencar momen ultimit plat injak arah melintang jembatan (Mu)

$Mu = K_{TT} \text{ x } M_{max}$ ……..…....……2.139

Dimana :

K_{TT} : faktor beban ultimit beban truk

`

M_{max} : momen max. Pada plat lantai injak akibat beban roda

c. Pembesian plat injak arah melintang jembatan

1) Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')

2) Tebal effektif plat lantai injak beton (d) didapat dengan menggunakan rumus pada persamaan 2.39. dimana h adalah tebal plat lantai injak beton

3) Mencari nilai ρ_b dengan menggunakan persamaan 2.30

4) Mencari nilai ρ dengan menggunakan persamaan 2.33

dimana nilai m didapat dengan menggunakan persamaan 2.34

jika persamaan 2.34 dimasukkan ke persamaan 2.33 maka rumus akan menjadi persamaan 2.91

5) ρ_{min} didapat dengan menggunakan persamaan 2.35

6) ρ_{max} didapat dengan menggunakan persamaan 2.36

7) Nilai momen nominal rencana (Mn) didapat dengan menggunakan persamaan 2.37. Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

8) Mencari nilai faktor tahanan nominal (Rn) didapat dengan menggunakan persamaan 2.38. Dimana nilai b adalah lebar plat lantai injak dan d adalah tebal effektif plat lantai injak.

Rmax didapat dengan menggunakan persamaan 2.92

9) Mencari nilai Luas tulangan Perlu (As) didapat dengan menggunakan persamaan 2.41

10) Mencari jarak tulangan yang diperlukan (s) didapat dengan

`

menggunakan persamaan 2.93 dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan

11) Menghitung As_{baru} didapat dengan menggunakan persamaan 2.94

2. Plat injak arah memanjang jembatan

a. Mencari beban truk

PTT dicari dengan persamaan 2.85

b. Mencari momen pada plat injak menggunakan rumus sebagai berikut:

1) $a' = a + ta$ ……..……..……...……..…2.140

Dimana :

a : lebar bidang kotak pada truk

ta : tebal lapisan aspal

2) Mencari lebar penyebaran beban terpusat

$r = \frac{a'}{2}$ ..……...……....…2.141

dimana r adalah lebar penyebaran beban terpusat

3) Mencari momen max. Pada plat lantai injak akibat beban roda dihitung dengan rumus persamaan 2.137

Dengan :

λ didapat dengan menggunakan persamaan 2.138

dimana :

Ec : modulus elastisitas beton

υ : angka poisson

ks : standard modulus of soil reaction

4) Mencari momen ultimit plat injak arah melintang jembatan (Mu) dengan menggunakan persamaan 2.139

`

c. Pembesian plat injak arah melintang jembatan

1) Mencari jarak tulangan terhadap sisi luar beton (d')

2) Tebal effektif plat injak (d) dicari menggunakan persamaan 2.39

3) Nilai ρ_b didapat dengan menggunakan persamaan 2.30

4) Mencari nilai ρ didapat dengan menggunakan persamaan 2.33

dimana nilai m didapat dengan menggunakan persamaan 2.34

jika persamaan 2.34 dimasukkan ke persamaan 2.33 maka rumus akan menjadi persamaan 2.91

5) ρ_{min} didapat dengan menggunakan persamaan 2.35

6) ρ_{max} didapat dengan menggunakan persamaan 2.36

7) Mencari nilai momen nominal rencana (Mn) dengan menggunakan persamaan 2.37. Dimana Mu adalah Momen ultimit dan Ø adalah faktor reduksi lentur yang bernilai 0,8 (RSNI T-04-2005)

8) Nilai faktor tahanan nominal (Rn) dihitung dengan persamaan 2.38

dimana nilai b adalah lebar plat lantai injak dan d adalah tebal effektif plat lantai injak.

Rmax didapat dengan menggunakan persamaan 2.92

9) Nilai Luas tulangan Perlu dihitung dengan persamaan 2.41

10) Mencari jarak tulangan yang diperlukan (s) dengan menggunakan persamaan 2.93. dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan.

11) Menghitung As_{baru} didapat dengan menggunakan persamaan 2.94

`

III. METODOLOGI PENELITIAN

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan berbagai tahapan, yakni dimulai dari pengumpulan data sekunder, studi literatur, analisis pembebanan, analisis kapasitas struktur yang dilakukan dengan menggunakan metode numerik dengan bantuan Microsoft Excel. Metode numerik dengan menggunakan Microsoft Excel dilakukan dengan mendesain gelagar jembatan balok T dengan acuan pembebanan jembatan berdasarkan pembebanan standar RSNI T-02-2005, kombinasi pembebanan terbesar akan digunakan untuk mendesain tulangan lentur dan geser pada jembatan balok T. Perhitungan numerik dilakukan dengan menggunakan bantuan program agar perhitungan dapat terkontrol.

A. Permodelan Struktur

Model struktur jembatan yang digunakan jembatan beton bertulang balok T yang divariasikan mutu beton K-200, K-225, K-250, K-275, K-300 sesuai ketentuan BMS-92. Jembatan diasumsikan 2 lajur dengan lebar 5,5 m untuk masing - masing lajur sehingga total jalur lalu lintas pada jembatan adalah 11 m. Data struktur desain jembatan adalah sebagai berikut :

1. Bentang jembatan : 15 meter
2. Lebar lajur lalu lintas : 2 x 5,5 meter

3. Lebar trotoar : 2 x1 meter
4. Lebar total jembatan : 13,3 meter
5. Jumlah balok T girder : 6 buah
6. Jarak antar balok girder : 2 meter
7. Lebar balok T girder : 0,6 meter
8. Tinggi balok T girder : 1,2 meter
9. Tebal slab : 0,2 meter
10. Tinggi bidang samping : 2,5 meter
11. Lebar balok diafragma : 0,3 meter
12. Tinggi balok diafragma : 0,6 meter

B. Deskripsi Metode Numerik dengan Microsoft Excel

Dengan bantuan Microsoft Excel dilakukan perhitungan sebagai berikut:

1. Pendefinisian struktur dan bahan jembatan.
2. Menentukan pembebanan sesuai dengan pembebanan standar dari RSNI T-02-2005 tentang pembebanan jembatan.
3. Proses analisisi dengan kombinasi pembebanan terbesar.
4. Mendapat hasil gaya dalam
5. Mendesain tulangan lentur dan geser pada balok T girder
6. Menghitung lendutan dan susut balok
7. Mendesain diafragma, slab, trotoar, tiang railing, pipa sandaran, kerb dan plat injak.

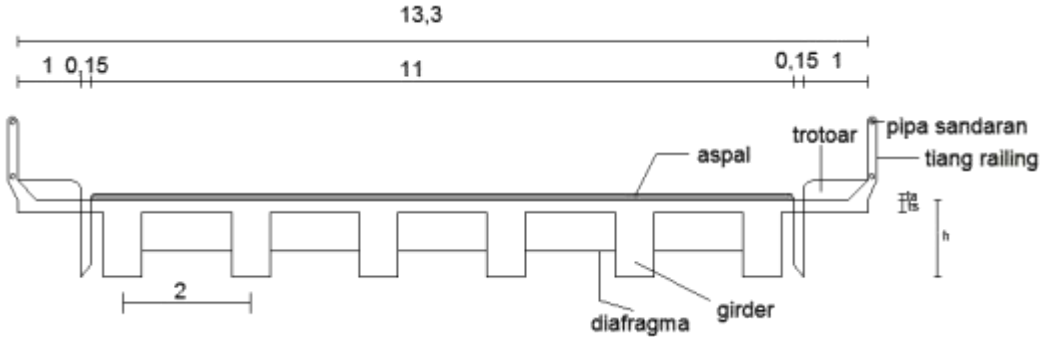
C. Analisis hasil penelitian

Analisis hasil dari penelitian ini dilakukan dengan membandingkan hasil desain tulangan dan kekuatan yang dihasilkan dari berbagai variasi mutu beton untuk jenis jembatan beton bertulang balok T.

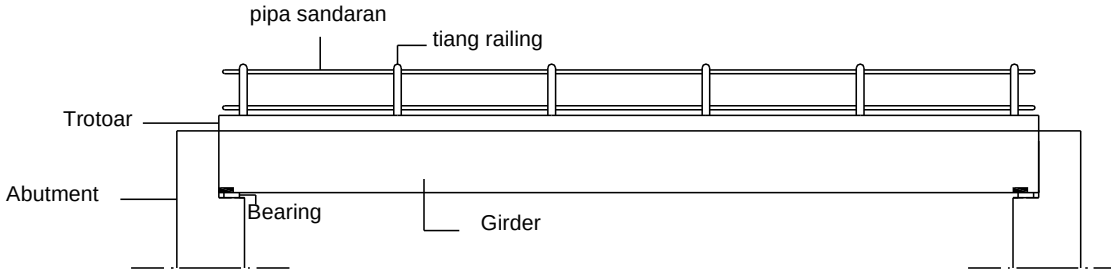
D. Model Jembatan

Jembatan yang digunakan adalah jembatan beton bertulang balok T yang dimodelkan denan variasi mutu K-200, K-225, K-250, K-275, K-300. Dengan lebar total jembatan 13,3 m dengan 6 buah balok girder.

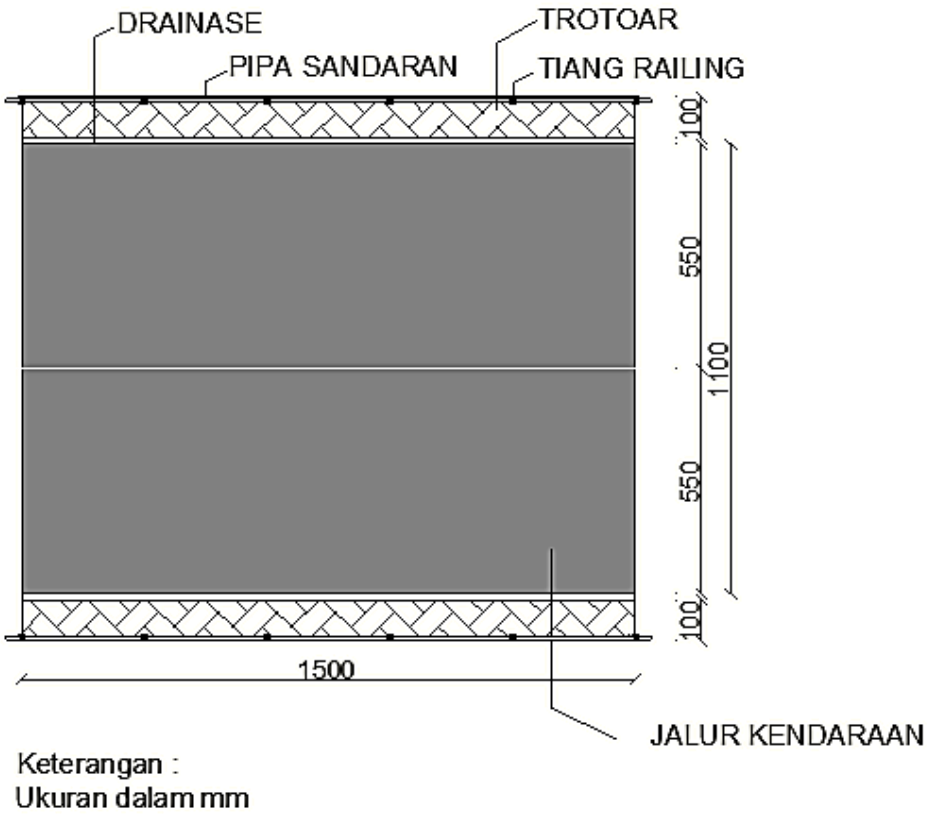
Permodelan jembatan dapat dilihat pada gambar 12, gambar 13 dan gambar 14.



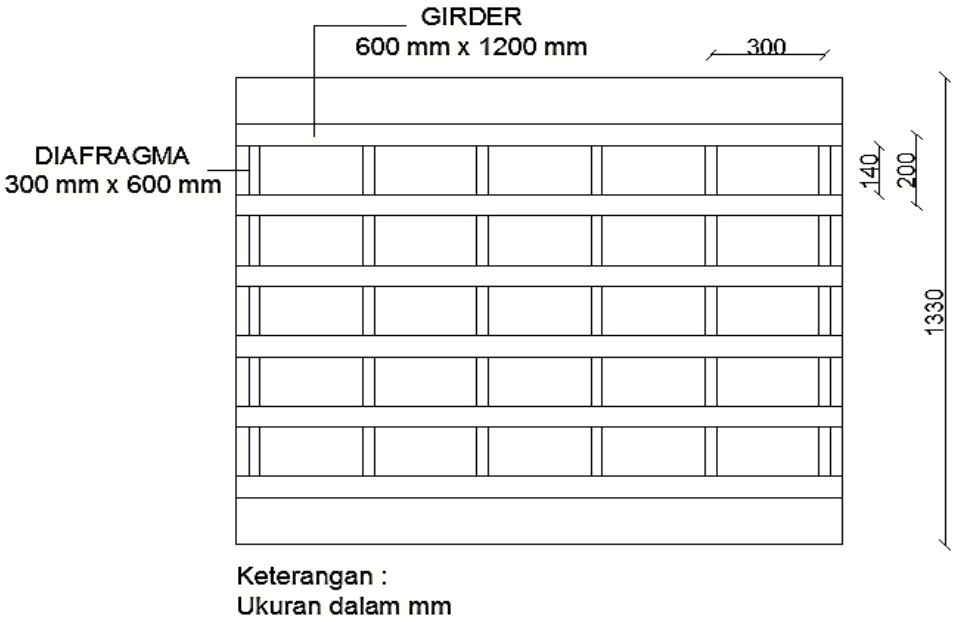
Gambar 11. Potongan melintang jembatan.



Gambar 12. Tampak samping jembatan.



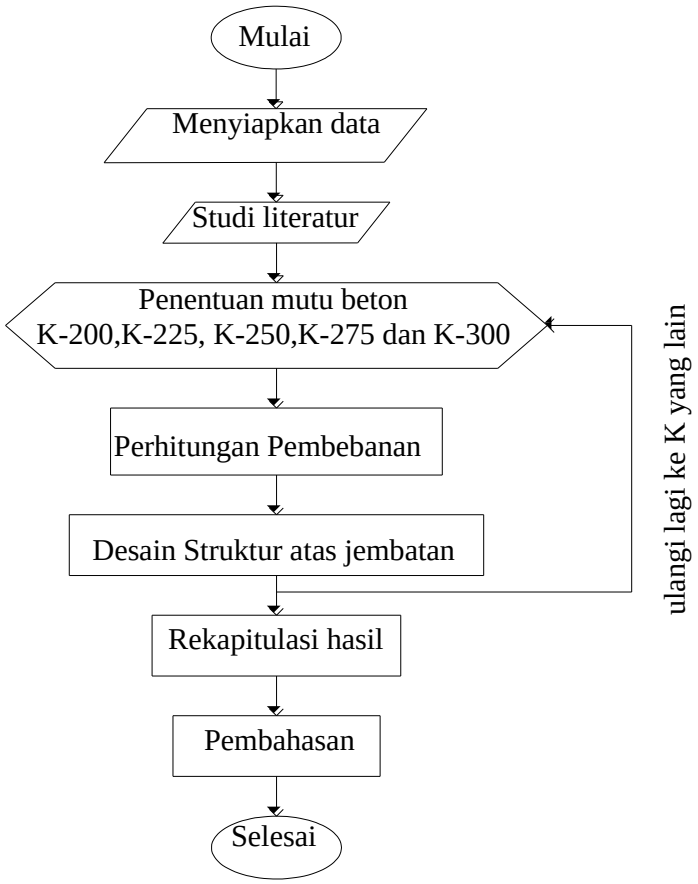
Gambar 13. Tampak atas jembatan.



Gambar 14. Tampak atas struktur girder dan diafragma.

E. Diagram alir penelitian

Diagram alir secara keseluruhan proses penelitian adalah sebagai berikut :



Gambar 15 . Diagram alir penelitian keseluruhan.

V. Kesimpulan dan Saran

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa :

1. Pada potongan 2-2, potongan 3-3 dan potongan 4-4 Semakin rendah mutu beton akan diperoleh luas tulangan perlu tulangan lentur girder yang lebih besar. Namun pada potongan 1-1 jumlah tulangan pada setiap mutu memiliki jumlah tulangan yang sama karna rasio tulangan yang digunakan adalah rasio tulangan minimum.
2. Penulangan geser girder dengan menggunakan diameter yang sama akan menghasilkan jarak antar tulangan perlu yang semakin besar seiring meningkatnya mutu beton.
3. Lendutan maksimum girder yang terjadi akan semakin kecil jika mutu beton meningkat. Namun jika jumlah tulangan pada mutu K-200 lebih banyak maka nilai lendutannya akan lebih kecil dibanding dengan mutu K-300.
4. Semakin rendah mutu beton pada tulangan lentur slab dengan D16 akan didapat jarak antar tulangan perlu semakin kecil. Pada K-200 diperoleh D16-107,2881, untuk mutu K-225 diperloleh D16-109,8858, mutu K-250 diperoleh jarak tulangan D16-111,8636, pada mutu K-275 diperoleh

D16-111,4237 dan D16-114,6874 untuk mutu K-300. Namun saat pemasangannya digunakan jarak antar tulangan yang sama yaitu D16-100.

5. Lendutan maksimum pada slab akan semakin kecil jika mutu beton ditingkatkan.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih detail terhadap standar jembatan gelagar beton bertulang balok T untuk bentang – bentang yang lain.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut jika dalam perhitungan penulangan digunakan diameter yang berbeda - beda .

DAFTAR PUSTAKA

Anonim. 2008. *Perhitungan Slab Lantai Jembatan.* Yogyakarta

Asiyanto. 2005. *Metode Konstruksi Jembatan Beton*. Jakarta. Universitas Indonesia

Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Standar Pembebanan Untuk Jembatan*, RSNI T-02-2005

Departemen Pekerjaan Umum. 2005. *Perencanaan Struktur Beton Untuk Jembatan*, RSNI T-04-2005

Departemen Pekerjaan Umum. 1992. *Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan*, BMS-92

Manu Agus Iqbal. 1995. *Dasar-Dasar Perencanaan Jembatan Beton Bertulang*. Jakarta. P.T. Mediatama Saptakarya

Nasution thamrin. 2012. *Prencanaan Lantai Jembatan.* Medan. ITM

Putra Ryan Satria Sanjaya. 2013. *Tugas Besar Struktur Jembatan Beton Bangunan Transportasi*. ITS

Tjokrodimuljo Kardiyanto. 2007. *Teknologi Beton.* Yogyakarta. KMST FT UGM

Supriadi Bambang. 2014. *Jembatan.* Yogyakarta. Beta Offset Kavling Madukismo 28.