DESAIN SAMBUNGAN *LINK SLAB* PADA JEMBATAN GELAGAR BETON BERTULANG BALOK T

(Skripsi)

Oleh

OKTARY PUTRI AMANDA

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2018

ABSTRAK

DESAIN SAMBUNGAN *LINK SLAB* PADA JEMBATAN GELAGAR BETON BERTULANG BALOK T

Oleh

OKTARY PUTRI AMANDA

Pembangunan jembatan berfungsi untuk menghubungkan ruas jalan yang terputus karena adanya suatu rintangan (sungai, lembah, maupun jalan raya yang melintang tidak sebidang). Struktur jembatan di Indonesia sebagian besar menggunakan sistem struktur perletakan sederhana yang berarti struktur antara lantai kendaraan dengan abutmen yang satu dengan yang lainnya terpisah dengan siar. Siar tersebut biasanya ditutup dengan menggunakan konstruksi yang dinamakan *expansion joint*.

Beberapa masalah yang timbul akibat dari penggunaan *expansion joint* seperti terjadinya retak pada lantai kendaraan jembatan, sehingga air dapat masuk dan menyebabkan korosi pada balok dan perletakan jembatan. Penggunaan *link slab* menjadi suatu alternatif penyelesaian masalah. Perencanaan ini dilakukan pada jembatan gelagar beton bertulang tipe balok T bentang 25 m x 2 sesuai SNI No: 1748-1989-F Departemen Pekerjaan Umum dengan menggunakan metode klasik yang diperkenalkan oleh Carner dan Zia Tahun 1998.

Dari perencanaan yang dilakukan, diperoleh panjang keseluruhan *link slab* sebesar 3,8 m dan panjang zona *debonding* 2,55 m. Tulangan utama *link slab* D19-350 mm sedangkan tulangan susut suhu D12-275 mm.

Kata kunci: *link slab*, lantai kendaraan, ECC

ABSTRACT

DESIGN OF JOINT LINK SLAB ON THE REINFORCED CONCRETE GIRDER BRIDGE TYPE-T

By

OKTARY PUTRI AMANDA

The construction of the bridge serves to connect the broken road segment because of an obstacle (river, valley, or highway that is not crossing a plot). The structure of the bridge in Indonesia mostly uses a simple placement system structure which means the structure between the floor of the vehicle with the abutment of one another separated by joint. The joint is usually closed using a construction called expansion joint.

Some problems arising from the use of expansion joints such as the occurrence of cracks on the floor of the bridge vehicle, so that water can enter and cause corrosion on the beams and bridge placement. The use of link slab becomes an alternative solution to the problem. This planning was carried out on the reinforced concrete girder bridge type T beam spans 25 m x 2 in accordance with SNI No: 1748-1989-F Ministry of Public Works using the classical method introduced by Carner and Zia Year 1998.

From the planning, obtained the overall length of link slab and the length of debonding zone is 3,8 m and 2,55 m respectively. The main reinforcement of link slab D19-350 mm while the temperature shrinkage reinforcement use D12-275 mm.

Keywords: Link slab, vehicle floor, ECC

DESAIN SAMBUNGAN *LINK SLAB* PADA JEMBATAN GELAGAR BETON BERTULANG BALOK T

Oleh

OKTARY PUTRI AMANDA

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK

Pada

Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2018

Judul Skripsi : **DESAIN SAMBUNGAN *LINK SLAB* PADA JEMBATAN GELAGAR BETON BERTULANG BALOK T**

Nama Mahasiswa : *Oktary Putri Amanda*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1315011088

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Ir. Eddy Purwanto, M.T.	**Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.**
NIP 19551212 199010 1 001	NIP 19740530 200012 2 001

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua	: **Ir. Eddy Purwanto, M.T.**	.....
Sekretaris	: **Hasti Riakara Husni, S.T., M.T.**	.....
Penguji		
Bukan Pembimbing	: **Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T.**	.....

2. Dekan Fakultas Teknik

Prof. Dr. Suharno, M.Sc.
NIP 196207171987031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 April 2018

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Skripsi dengan judul Desain Sambungan *Link Slab* Pada Jembatan Gelagar Beton Bertulang Balok T adalah judul skripsi yang diambil dari ide Bapak Suyadi, S.T., M.T 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 di kemudian 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, 25 April 2018

Pembuat Pernyataan

METERAI TEMPEL

AFC8CAFF051126

6000

ENAM RIBU RUPIAH

Oktary Putri Amanda

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada tanggal 8 Oktober 1995, sebagai anak pertama dari tiga bersaudara dari Bapak Abdulrahman dan Ibu Lusiana Devi Yanti (Almh).

Penulis memulai jenjang Pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Pembina Ibu Ati pada tahun 1999-2001, Sekolah Dasar (SD) diselesaikan di SDN 05 Kramat Jati, Jakarta Timur pada tahun 2007, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan pada tahun 2008 di SMPN 20 Jakarta Timur dan selanjutnya di SMPN 17 Jakarta Pusat pada tahun 2010, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMAN 4 Jakarta Pusat pada tahun 2013. Penulis terdaftar sebagai mahasiswi Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung pada tahun 2013 melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Undangan.

Penulis telah melakukan Kerja Praktek (KP) pada Proyek Pembangunan Tol Cinere-Jagorawi Seksi II B selama 3 bulan. Penulis juga telah mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Komering Agung, Kecamatan Gunung Sugih, Kabupaten Lampung Tengah selama 40 hari pada periode Januari-Februari 2017.

Penulis mengambil tugas akhir dengan judul Desain Sambungan *Link Slab* Pada Jembatan Gelagar Beton Bertulang Balok T.

Saat menjadi mahasiswa penulis aktif dalam mengikuti organisasi kampus, organisasi yang diikuti adalah Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil (HIMATEKS) sebagai Anggota Departemen Kerohanian dan Olahraga Periode 2015-2016.

Persembahan

Bismillahirrahmanirrahim.
Puji syukur atas kehadirat Allah SWT.

Untuk kedua orang tuaku, Ibu Lusiana Devi Yanti dan Bapak Abdulrahman serta nenekku Nurhayati yang telah mendoakan, mendidik dan mendukung serta memberi dorongan kepadaku untuk mencapai keberhasilan.
Terimakasih untuk seluruh kasih sayangmu.

Tamara Dwi Rizki Amanda dan Lucky Martrian Yudistira, adikku tersayang yang sedang sama-sama berjuang demi masa depan. Semoga kita sama-sama menjadi orang sukses. Amin.

Untuk saudara-saudaraku yang turut mendoakan, memotivasi, serta memberikan dukungan kepadaku untuk mencapai keberhasilan.

Untuk semua teman-temanku di sekolah, di kampus, dimanapun kalian berada. Terima kasih sudah hadir dalam hidupku dan terima kasih telah mengizinkanku hadir dalam hidup kalian.

Untuk semua guru-guru dan dosen-dosen yang telah mengajarkan banyak hal kepadaku. Terima kasih untuk ilmu, pengetahuan, dan pelajaran hidup yang sudah diberikan.

Untuk teman-teman spesialku, keluarga baruku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2013. Kalian luar biasa.

MOTTO HIDUP

Patience is a pillar of faith.

(Hz Umar ibn al-Khattab)

Be patient over what befalls you.

(AL-QUR'AN 31:17)

Pray not only because you need something!

But because you have a lot to be thankful for.

(Anonim)

Allah never changes the condition of a people unless they strive to change themselves.

(AL-QUR'AN 13:11)

If you are grateful, I will give you more.

(Soorah Ibrahim)

What can you do to promote world peace?

Go home and love your family.

(Anonim)

Success is simple. Do what's right, the right way, at the right time.

(Arnold H. Glasow)

When nothing goes right. Go left.

(Anonim)

SANWACANA

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul *Desain Sambungan Link Slab Pada Jembatan Gelagar Beton Bertulang Balok T.* Skripsi ini disusun dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T.) pada Fakultas Teknik Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung.
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung.
3. Bapak Ir. Eddy Purwanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 skripsi saya yang telah membimbing, memberikan masukan, dan waktu selama proses penyusunan skripsi.
4. Ibu Hasti Riakara Husni, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing 2 atas ketersediaannya dalam memberikan bimbingan, pengarahan, serta ilmu yang bermanfaat dalam proses penyusunan skripsi.

5. Ibu Dr. Ir. C. Niken DWSBU, M.T. selaku Dosen Penguji, terima kasih atas masukan dan ilmu pengetahuan yang Ibu berikan disaat proses pengerjaan skripsi.
6. Bapak Ir. Mariyanto, M.T. selaku Dosen Pembimbing Akademik, terima kasih atas bimbingannya dalam hal pengarahan dan saran-saran serta masukan dibidang akademik.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung atas ilmu dan pembelajaran yang telah diberikan selama masa perkuliahan.
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. Keluargaku tercinta terutama orang tuaku, Abdulrahman dan Lusiana Devi Yanti (Almh), nenek, adikku Tamara Dwi Rizki Amanda dan Lucky Martrian Yudistira, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan dan doa.
10. Willy Brilliant Yosua S yang telah memberikan dukungan, nasehat, waktu dan kasih sayangnya.
11. Teman-teman spesialku, rekan seperjuanganku, Teknik Sipil Universitas Lampung Angkatan 2013, terutama Tika Ayu Triana Lestari yang telah menjadi teman skripsi saya, Adlina, Poppy, Atika, Debbie, Dian, Rinanda, Maulyda, Annisa Tiara, Riri Arinda, Andya Firgi, Septiani, Atri, Fista, seluruh kakak-kakak, dan adik-adik yang telah mendukung dalam penyelesaian skripsi ini.

12. Semua pihak yang telah membantu tanpa pamrih yang tidak dapat disebutkan secara keseluruhan satu per satu, serta seluruh pejuang Teknik Sipil, semoga kita semua berhasil menggapai impian. Amin.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Wassalaamu'alaikum Wr.Wb.

Bandar Lampung, 2018

Penulis

Oktary Putri Amanda

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL……... i

DAFTAR ISI ……... ii

DAFTAR GAMBAR..... iv

DAFTAR TABEL…… vi

DAFTAR NOTASI……..... vii

BAB I. PEDAHULUAN

A. Latar Belakang..... 1
B. Perumusan Masalah..... 3
C. Tujuan Penelitian..... 3
D. Batasan Masalah..... 3
E. Manfaat Penelitian..... 4

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Beton..... 5
B. Beton Bertulang..... 7
C. Jembatan Beton Bertulang Tipe Balok T 7
D. Pembebanan..... 8
E. Lebar Efektif Balok T..... 14
F. Rotasi pada Balok T (metode beban satuan) 15
G. *Expansion Joint* 17
H. Perkembangan *Link Slab* 23
I. Analisis Dasar *Link Slab* 24
J. Analisis *Link Slab* Metode Klasik 26
K. Perhitungan Tulangan *Link Slab* 30
L. Material *Link Slab* 33

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Pendekatan Penelitian..... 35
B. Lokasi Penelitian 35

C. Data Penelitian..... 35
D. Prosedur Penelitian..... 39
E. Kerangka Penelitian..... 41

BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Penyajian Data 42
B. Pengolahan Data..... 44
C. Rotasi Balok Maksimum..... 52
D. Desain *Link Slab* 58
E. Tulangan *Link Slab* 60

BAB V. PENUTUP

A. Kesimpulan 68
B. Saran..... 69

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1.1 Tampak memanjang desain ECC *link slab* dan *expansion joint* 2

2.1 Bahan susun beton…….. 5

2.2 Intensitas beban lajur “D”..... 10

2.3 Ketentuan beban “T” pada jembatan jalan raya 14

2.4 Penampang balok T 15

2.5 Deformasi pada balok dengan tumpuan sederhana 16

2.6 *Butt joint* 18

2.7 *Finger joint* 19

2.8 *New cut off joint*..... 20

2.9 *Asphaltic plug joint*..... 20

2.10 *Strip seal joint*..... 21

2.11 *Modular joint*..... 22

2.12 Diagram regangan ECC..... 24

213 a. Deformasi pada perletakan sederhana
b. Deformasi pada konstruksi menerus 25

2.14 Skema *link slab* untuk jembatan *composite*..... 26

2.15 *Debonding zone* 26

2.16 Penampang pelat penghubung..... 27

2.17 Deformasi pelat penghubung akibat putaran sudut 28

2.18 Diagram tegangan regangan *link slab* 29

2.19 Perbandingan pola retak antara beton normal dan ECC 34

3.1 Tampak melintang jembatan 36

3.2 Tampak memanjang jembatan 36

3.3 Tampak atas jembatan 37

3.4 Dimensi gelagar bentang 25 m 37

3.5 Dimensi balok diafragma bentang 25 m 38

3.6 Diagram alir 41

4.1 Tampak atas keseluruhan jembtan 43

4.2 Pembagian penampang gelagar balok T 44

4.3 Potongan memanjang diafragma 45

4.4 Detail diafragma 47

4.5 Kerja gaya rem pada gelagar balok T 51

4.6 Beban truk “T” 52

4.7 Rotasi akibat gelagar 52

4.8 Beban truk kondisi I 53

4.9 Momen satuan kondisi I 53

4.10 Beban truk kondisi II 54

4.11 Momen satuan kondisi II 54

4.12 Beban truk kondisi III 55

4.13 Momen satuan kondisi III 56

4.14 Detail tulangan *link slab* arah memanjang 66

4.15 Detail tulangan *link slab* arah melintang 67

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

2.1 Mutu dan penggunaan beton 6

2.2 Berat isi bahan-bahan bangunan 8

2.3 Jumlah lajur lalu lintas 10

2.4 Fitur, keunggulan, dan kelemahan dari masing-masing *expansion joint* 22

2.5 Ukuran bahan campuran ECC 34

3.1 Dimensi gelagar 38

4.1 Karakteristik penampang balok T 46

4.2 Berat sendiri struktur gelagar balok T 48

4.3 Beban mati tambahan 49

4.4 Pembagian balok untuk beban truk kondisi I 53

4.5 Pembagian balok untuk beban truk kondisi II 55

4.6 Pembagian balok untuk beban truk kondisi III 56

DAFTAR NOTASI

A_b = Luas setiap batang atau kawat individu

A_g = Luas bruto penampang beton

A_s = Luas tulangan tarik longitudinal non-prategang

A'_s = Luas tulangan tekan

b = Lebar muka tekan komponen struktur

b_e = Lebar effektif

b_w = Lebar badan (*web*), tebal dinding, atau diameter penampang lingkaran

b_{ls} = Lebar penampang pelat penghubung

BGT = Beban garis terpusat dalam pembebanan lajur ”D”

BTR = Beban terbagi rata dalam pembebanan lajur “D”

c = Jarak dari serat tekan terjauh ke sumbu netral

D = Beban lajur

d = Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tarik longitudinal

d' = Jarak dari serat tekan terjauh ke pusat tulangan tekan longitudinal

DLA = *Dynamic load allowance*

E_c = Modulus elastisitas beton (MPa)

E_s = Modulus elastisitas tulangan dan baja struktural (MPa)

f'_c = Kekuatan tekan beton yang disyaratkan (MPa)

f_r = Modulus hancur (*rupture*) beton (MPa)

f_y = Kekuatan leleh tulangan yang disyaratkan (MPa)

GAP = Celah diantara kedua gelagar

h = Tinggi gelagar

hd = Tinggi diafragma

h_{ls} = Tinggi penampang pelat penghubung

I_b = Momen inersia penampang bruto balok terhadap sumbu pusat

I_g = Momen inersia penampang beton bruto terhadap sumbu pusat, yang mengabaikan tulangan

I_{sp} = Momen inersia penampang beton

I_{ls} = Momen inersia pelat penghubung

k = Koefisien daerah tekan beton

L = Panjang bentang jembatan

L_E = Panjang bentang rata-rata untuk jembatan menerus (m)

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

L_{max} = Panjang bentang maksimum untuk jembatan menerus (m)

L_{ls} = Panjang *link slab*

L_{dz} = Panjang zona *debonding*

L_{sp} = Panjang bentang

M = Momen lentur akibat beban sebenarnya (beban luar) (kNm)

MA = Beban mati tambahan

MS = Berat sendiri

MMA = Momen akibat beban mati tambahan

MMS = Momen akibat beban sendiri

MTD = Momen akibat beban lajur

M_{cr} = Momen retak (Nmm)

M_n = Kekuatan lentur nominal pada penampang (Nmm)

M_u = Momen terfaktor pada penampang (Nmm)

m = Momen lentur akibat momen 1 satuan (kNm)

n = Jumlah benda, seperti uji kekuatan, batang tulangan, kawat, alat angkur strand tunggal (*monostrand*), angkur, atau lengan kepala geser (*shearhead*)

n = nilai perbandingan modulus

P = Intensitas beban garis

p = Selimut beton

PTD = Beban garis beban lajur D

P_{TT} = Beban truk

q = Intensitas beban terbagi merata dalam arah memanjang jembatan

Q_{MA} = Beban mati tambahan

QTD = Beban merata beban lajur

Rn = Besaran ketahanan atau kekuatan nominal dari penampang komponen struktur

T = Beban truk

ta = Tebal aspal

TB = Gaya rem

ts = Tebal slab

β_1 = Faktor yang menghubungkan tinggi blok tegangan tekan persegi ekivalen dengan tinggi sumbu netral

ε_t = Regangan tarik neto dalam lapisan terjauh baja tarik longitudinal pada kuat nominal, tidak termasuk regangan akibat dari prategang efektif, rangkak, susut, dan suhu

ρ = Rasio A_s terhadap bd

ρ_b = Rasio A_s terhadap bd yang menghasilkan kondisi regangan seimbang

$\emptyset$ = Faktor reduksi kekuatan

θ = Sudut putaran (rad)

σ_s = Tegangan tulangan pada arah longitudinal (N/m^2)

σ_y = Tegangan leleh baja (N/m^2)

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

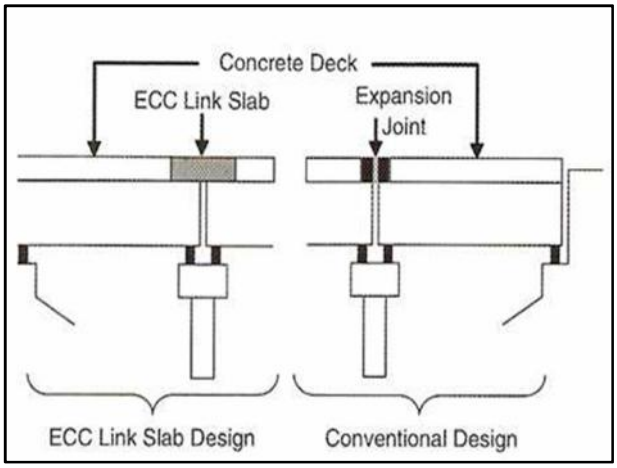
Jembatan merupakan bagian dari sistem jaringan transportasi darat yang diperlukan untuk keberlangsungan kegiatan ekonomi dan sosial suatu daerah atau wilayah. Pembangunan jembatan berfungsi untuk menghubungkan ruas jalan yang terputus karena adanya suatu rintangan (sungai, lembah, maupun jalan raya yang melintang tidak sebidang). Perencanaan pembangunan jembatan harus diperhatikan seefektif dan seefisien mungkin, sehingga pembangunan jembatan dapat memenuhi keamanan dan kenyamanan bagi para pengguna jembatan (Struyk, 1984).

Struktur jembatan yang ada di Indonesia sebagian besar menggunakan material beton, baja atau komposit baja dan beton dengan sistem struktur yang terletak di atas dua perletakan atau perletakan sederhana yang berarti struktur antara lantai kendaraan dengan abutmen yang satu dengan yang lainnya terpisah dengan siar. Siar tersebut biasanya ditutup dengan menggunakan konstruksi yang dinamakan *expansion joint*.

Dengan adanya *expansion joint,* akan timbul berbagai permasalahan seperti terjadinya kelelahan (*fatigue*) yang berakibat penurunan kekuatan, yang mengakibatkan retak pada lantai kendaraan jembatan, sehingga air

hujan dapat masuk kedalam celah retak yang kemudian terjadi korosi pada balok dan perletakan jembatan. Selain itu, akan timbul tanaman dan lumut yang dapat merusak material beton atau baja akibat masuknya air hujan.

Permasalahan tersebut tentunya akan menimbulkan ketidaknyamanan bagi pengguna jembatan, biaya yang tinggi dalam perawatan, dan berkurangnya umur jembatan. Untuk mengatasi permasalahan ini, penggunaan *link slab* dapat menjadi suatu alternatif penyelesaian masalah, yang nantinya jembatan akan di desain menggunakan konstruksi lantai menerus agar pengguna jembatan lebih nyaman serta air hujan tidak lagi masuk ke dalam celah retak lantai kendaraan.



Gambar 1.1 Tampak memanjang desain ECC *link slab* dan *expansion joint*

Studi kali ini membahas tentang penggunaan sambungan *link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang tipe balok T bentang 25 m x 2 untuk beban BM 100 sesuai dengan SNI No: 1748-1989-F Departemen Pekerjaan Umum.

B. PERUMUSAN MASALAH

Berdasarkan permasalahan, rumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana mendesain *debonding zone link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang balok T bentang menerus 25 m x 2?
2. Bagaimana mendesain penulangan *link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang balok T bentang menerus 25 m x 2?

C. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang akan dicapai dalam tugas akhir ini adalah:

1. Mendesain besarnya *debonding zone link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang balok T bentang menerus 25 m x 2.
2. Mendesain penulangan *link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang balok T bentang menerus 25 m x 2.

D. BATASAN MASALAH

Untuk membatasi ruang lingkup penelitian ini diperlukan batasan sebagai berikut:

1. Peraturan yang ditinjau meliputi:
   a. Spesifikasi Konstruksi Jembatan Tipe Balok T Bentang s/d 25 m SNI No: 1748-1989-F
   b. Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013
   c. Standar Pembebanan Struktur Jembatan SNI 1725:2016

2. Tidak membahas detail ECC (*Engineered Cementitious Composite*) yang digunakan sebagai bahan material *link slab*.
3. Menggunakan *link slab* dengan bahan ECC-S M45 yang mencapai kuat tekan 48,70 MPa pada umur 28 hari.
4. Pembebanan yang dipakai untuk mendesain sambungan *link slab* hanya beban lajur dan beban truk.
5. Analisis dilakukan pada jembatan gelagar beton bertulang balok T bentang 25 m x 2.
6. Hanya memperhitungkan sambungan *link slab* pada jembatan beton bertulang balok T.
7. Tidak memperhitungkan struktur bawah jembatan.
8. Perhitungan analisis sambungan *link* slab menggunakan *Microsoft Excel*.
9. Tidak merencanakan tebal perkerasan jalan.

E. MANFAAT PENELITIAN

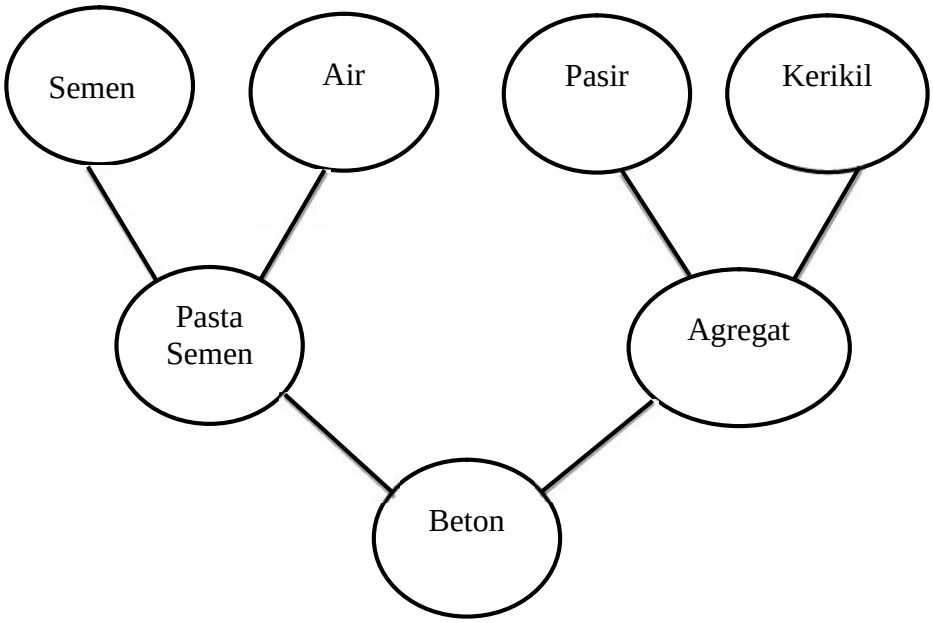
Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan referensi dalam mendesain sambungan *link slab* pada jembatan beton bertulang gelagar balok T.
2. Memberikan referensi terkait penelitian lebih lanjut tentang *link slab*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. BETON

Beton merupakan salah satu bahan konstruksi yang umum digunakan untuk bangunan gedung, jembatan, maupun jalan. Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil/batu pecah, atau agregat-agregat lain yang di campur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan *(workability)*, durabilitas, dan waktu pengerasan (Jack C. McCormac, 2004:1).



Gambar 2.1 Bahan susun beton.

Kekuatan tekan merupakan salah satu kinerja utama beton. Kekuatan tekan adalah kemampuan beton untuk dapat menerima gaya per satuan luas (Tri Mulyono, 2004). Nilai kekuatan beton diketahui dengan melakukan pengujian kuat tekan terhadap benda uji silinder ataupun kubus pada umur 28 hari yang dibebani dengan gaya tekan sampai mencapai beban maksimum. Beban maksimum didapat dari pengujian dengan menggunakan alat *compression testing machine*.

Tabel 2.1 Mutu dan penggunaan beton

Jenis Beton	(MPa)	Uraian
Mutu tinggi	35 – 65	Umumnya digunakan untuk beton prategang seperti tiang pancang beton prategang, gelagar beton prategang, pelat beton prategang, dan sejenisnya.
Mutu sedang	20 – < 35	Umumnya digunakan untuk beton bertulang seperti pelat lantai jembatan, gelagar beton bertulang, diafragma, *kerb* beton pracetak, gorong-gorong beton bertulang, bangunan bawah jembatan.
Mutu rendah	15 – < 20	Umumnya digunakan untuk struktur beton tanpa tulangan seperti beton siklop, trotoar, dan pasangan batu kosong yang diisi adukan, pasangan batu.
	10 – < 15	Digunakan sebagai lantai kerja, penimbunan kembali dengan beton.

(Sumber: Puslitbang Prasarana Transportasi, Divisi 7-2005)

Pengecoran beton memiliki dua sistem, yaitu sistem *cast in situ* dan sistem *precast*. *Cast in situ* adalah pemindahan campuran beton cair dari *mixer* ketempat dimana beton akan dicor dengan bekisting atau acuan pada struktur yang akan dikerjakan. Sedangkan *precast* adalah beton yang dicor di lokasi pabrikasi khusus, kemudian diangkut dan dirangkai untuk dipasang pada strukturnya. Dari kedua sistem tersebut, beberapa aspek tentunya berbeda, baik dari segi waktu, alat maupun proses pelaksanaan.

B. BETON BERTULANG

Sifat utama dari beton, yaitu sangat kuat terhadap beban tekan, tetapi tidak kuat (lemah) untuk menahan gaya tarik. Agar beton dapat bekerja dengan baik dalam suatu sistem struktur, perlu dibantu dengan memberinya perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang timbul di dalam sistem (Dipohusodo, 1999:12).

Sifat utama dari baja tulangan, yaitu sangat kuat terhadap beban tarik maupun beban tekan. Karena baja tulangan harganya mahal, maka baja tulangan ini hanya diutamakan untuk menahan beban tarik, sedangkan beban tekan yang bekerja cukup ditahan oleh beton.

Dari sifat utama tersebut, jika kedua bahan (beton dan baja tulangan) dipadukan menjadi satu-kesatuan, maka akan diperoleh bahan baru yang disebut beton bertulang. Beton bertulang merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekuatan tarik yang rendah dan batang-batang baja yang ditanamkan di dalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang, 1993:1).

C. JEMBATAN BETON BERTULANG TIPE BALOK T

Jembatan beton bertulang gelagar balok T adalah salah satu dari berbagai jenis jembatan yang dapat digunakan untuk menghubungkan tepi daratan ke tepi daratan selanjutnya, namun kemampuan efektif jembatan beton bertulang gelagar balok T hanyalah 10 - 26 meter (Bambang Supriadi,

2007). T *beam* atau balok T adalah balok yang pengecorannya dilaksanakan bersamaan dengan pengecoran pelat lantai atau sering disebut (monolit).

D. PEMBEBANAN

Dalam penelitian ini, beban yang digunakan mengikuti peraturan rencana beban jembatan SNI-1725-2016.

1. Berat Sendiri

Berat sendiri dari bagian bangunan adalah berat dari bagian tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya, termasuk dalam hal ini adalah berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non struktural yang dianggap tetap. Untuk menentukan besarnya beban dari berat sendiri, maka harus digunakan nilai berat isi untuk bahan-bahan bangunan tersebut pada Tabel dibawah ini:

Tabel 2.2 Berat isi bahan-bahan bangunan

No.	**Bahan**	**Berat isi (kN/m^3)**	**Kerapatan massa (kg/m^3)**
1	Lapisan permukaan beraspal (*bituminous wearing surfaces*)	22,0	2245
2	Besi tuang (*cast iron*)	71,0	7240
3	Timbunan tanah dipadatkan (*compacted sand, silt or clay*)	17,2	1755
4	Kerikil dipadatkan (*rolled gravel, macadam or ballast*)	18,8 – 22,7	1920 – 2315
5	Beton aspal (*asphalt concrete*)	22,0	2245
6	Beton ringan (*low density*)	12,25 – 19,6	1250 – 2000

Tabel 2.2 Lanjutan

7	Beton $f'_c < 35$ MPa	22,0 – 25,0	2320
	$35 < f'_c < 105$ MPa	$22 + 0{,}022\ f'_c$	$2240 + 2{,}29\ f'_c$
8	Baja (*steel*)	78,5	7850
9	Kayu (ringan)	7,8	800
10	Kayu keras (*hard wood*)	11,0	1125

(Sumber: SNI-1725-2016)

2. 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.

3. Beban Lalu Lintas

Beban lalu lintas merupakan seluruh beban hidup, arah vertikal dan horisontal, akibat aksi kendaraan pada jembatan termasuk hubungannya dengan pengaruh dinamis, tetapi tidak termasuk akibat tumbukan. Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan terdiri atas beban lajur "D" dan beban truk "T".

Beban lajur "D" bekerja pada seluruh lebar jalur kendaraan dan menimbulkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri.

Beban “D” didasarkan pada karakteristik jembatan yang memiliki lajur lalu lintas rencana dimana jumlah maksimum lajur lalu lintas untuk berbagai lebar lalu lintas ditentukan pada Tabel 2.3

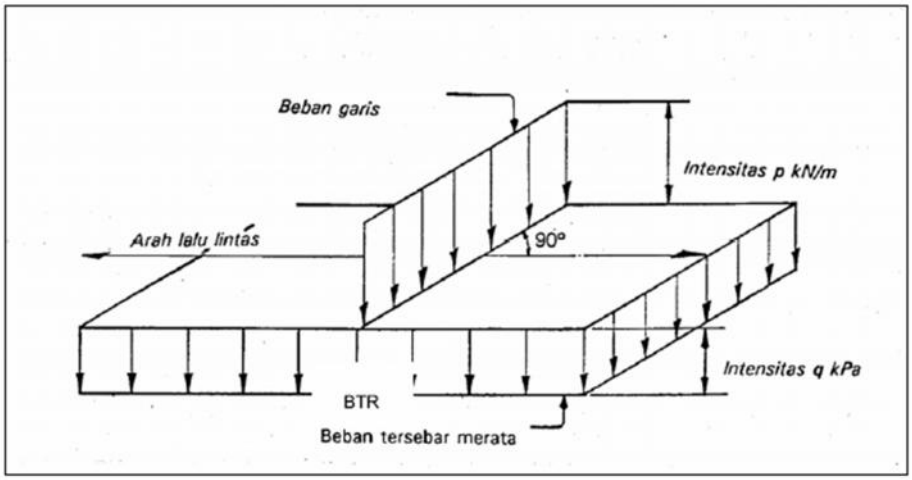
Tabel 2.3 Jumlah lajur lalu lintas

Tipe Jembatan (1)	Lebar Bersih Jembatan (2) (mm)	Jumlah Lajur Lalu Lintas Rencana (*n*)
Satu Lajur	3000 ≤ w < 5250	1
Dua Arah, tanpa Median	5250 ≤ w < 7500	2
	7500 ≤ w < 10,000	3
	10,000 ≤ w < 12,500	4
	12,500 ≤ w < 15,250	5
	w ≥ 15,250	6
Dua Arah, dengan Median	5500 ≤ w ≤ 8000	2
	8250 ≤ w ≤ 10,750	3
	11,000 ≤ w ≤ 13,500	4
	13,750 ≤ w ≤ 16,250	5
	w ≥ 16,500	6

Catatan (1) : Untuk jembatan tipe lain, jumlah lajur lalu lintas rencana harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.
Catatan (2) : Lebar jalur kendaraan adalah jarak minimum antara kerb atau rintangan untuk satu arah atau jarak antara kerb/rintangan/median dan median untuk banyak arah.

(Sumber: SNI-1725-2016)

Intensitas beban lajur “D” terdiri dari beban tersebar merata (BTR) yang digabung dengan beban garis (BGT) seperti pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Intensitas beban lajur “D”.

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

a) Bila L ≤ 30 m; q = 9 kPa ……....2.1

b) Bila L > 30 m; q = 9 $\left[0{,}5 + \left(\frac{15}{L}\right)\right]$ kPa ……..2.2

dengan pengertian: q adalah intensitas beban terbagi rata (BTR) dalam arah memanjang jembatan; L adalah panjang total jembatan yang dibebani (meter).

Panjang yang dibebani L adalah panjang total BTR yang bekerja pada jembatan. BTR harus dipecah menjadi panjang-panjang tertentu untuk mendapatkan pengaruh maksimum pada jembatan menerus atau bangunan khusus. Beban garis (BGT) dengan intensitas P kN/m harus ditempatkan tegak lurus terhadap arah lalu lintas pada jembatan. Besarnya intensitas P adalah 49 kN/m. Untuk mendapatkan momen lentur negatif maksimum pada jembatan menerus, BGT kedua yang identik harus ditempatkan pada posisi dalam arah melintang jembatan pada bentang lainnya.

Penyebaran beban "D" 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 dengan ketentuan adalah sebagai berikut :

a. Bila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5,5 m, maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas 100 %.
b. Apabila lebar jalur lebih besar dari 5,5 m, beban "D" harus ditempatkan pada jumlah lajur lalu lintas rencana (nl) yang

berdekatan, dengan intensitas 100 %. Hasilnya adalah beban garis ekuivalen sebesar nl x 2,75 q kN/m dan beban terpusat ekuivalen sebesar nl x 2,75 p kN, kedua-duanya bekerja berupa *strip* pada jalur selebar nl x 2,75 m.

c. Beban 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 %.

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 di atas 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 ultimit. Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang menerus panjang bentang ekuivalen L_E diberikan dengan rumus:

$$L_E = \sqrt{L_{AV} \times L_{max}} \quad \text{.....2.3}$$

Dimana:

L_{AV} adalah panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambungkan secara menerus.
L_{max} adalah 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:

DLA = 0,4 $L \leq 50$ m……...2.4

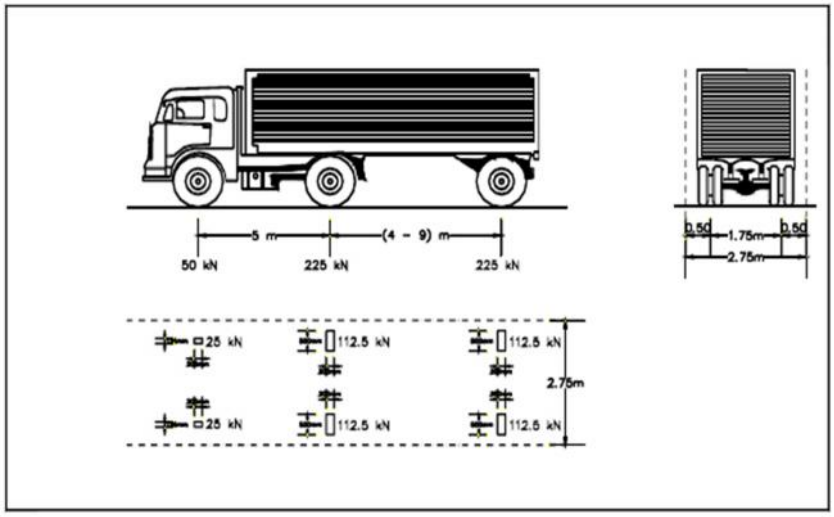
DLA = 0,525 – 0,0025 L_E $50 < L < 90$ m……..2.5

DLA = 0,3 $L \geq 90$ m……...2.6

Dimana:

1. Untuk bentang sederhana L_E adalah panjang bentang aktual
2. Untuk bentang menerus L_E dicari menggunakan rumus pada Persamaan 2.3

Beban truk "T" adalah satu kendaraan berat dengan 3 gandar yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua bidang kontak pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Ketentuan satu truk "T" diterapkan per lajur lalu lintas rencana seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2. Berat dari masing-masing as disebarkan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai. Jarak antara 2 gandar tersebut bisa diubah-ubah antara 4,0 m sampai 9,0 m untuk mendapatkan pengaruh terbesar pada arah memanjang jembatan.



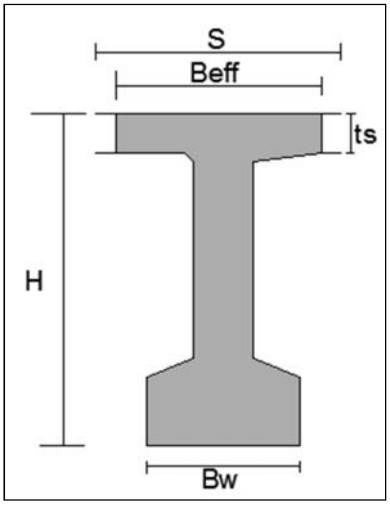
Gambar 2.3. Ketentuan beban “T” pada jembatan jalan raya.
(Sumber: SNI-1725-2016)

Pengaruh gaya-gaya dalam arah memanjang jembatan akibat gaya rem, harus ditinjau. Pengaruh ini diperhitungkan senilai dengan pengaruh gaya rem sebesar 5% dari beban “D” tanpa koefisien kejut yang memenuhi semua jalur lalu lintas yang ada dan dalam satu jurusan.

Gaya rem tersebut dianggap berkerja horizontal dalam arah sumbu jembatan dengan titik tangkap setinggi 1,80 meter di atas permukaan lantai kendaraan (Supriyadi, dkk., 2007).

E. LEBAR EFEKTIF BALOK T (b_e)

Balok T terbentuk karena balok dan pelat dicor secara monolit, maka sebagian lebar pelat dapat dianggap menjadi bagian dari balok. Lebar pelat yang dapat dianggap menjadi bagian balok disebut lebar efektif (b_e).



Gambar 2.4 Penampang balok T.

Berdasarkan SNI 2847:2013 perencanaan struktur beton bertulang, lebar efektif (b_e) balok T diambil nilai terkecil dari hasil rumus berikut:

a. $b_e = \frac{L}{4}$ ……....2.7

b. $b_e = b_w + 2\left(\frac{l_n}{2}\right)$…….....2.8

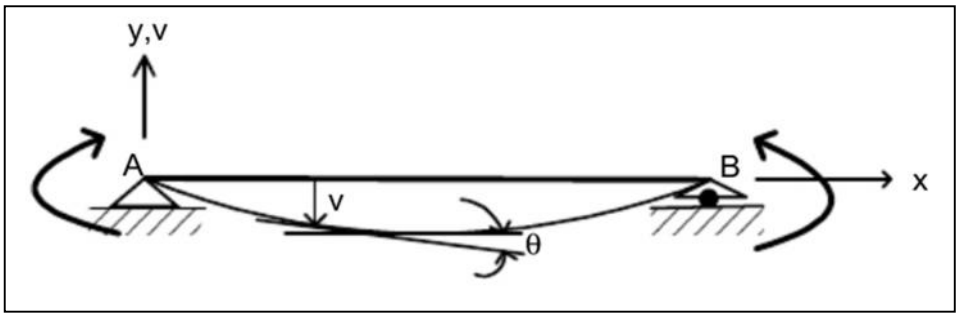
c. $b_e = b_w + 2\left(8h_f\right)$…….....2.9

F. ROTASI PADA BALOK T (METODE BEBAN SATUAN)

Suatu struktur apabila diberi beban, maka elemen struktur akan mengalami deformasi. Deformasi adalah salah satu kontrol kestabilan suatu elemen balok terhadap kekuatannya, biasanya dinyatakan sebagai perubahan elemen struktur dalam bentuk lengkungan (θ) dan perpindahan posisi atau defleksi (δ) akibat beban di sepanjang bentang balok tersebut.

Analisa struktur adalah proses perhitungan untuk menentukan respon dari suatu struktur yang berupa reaksi tumpuan, gaya dalam, dan perpindahan (*displacement*) akibat pengaruh luar. Perpindahan pada struktur tersebut

berupa defleksi/translasi dan rotasi. Defleksi/translasi yaitu jarak pergerakan titik pada struktur, sedangkan rotasi yaitu sudut putar garis singgung pada kurva elastis di satu titik. Perpindahan struktur dapat terjadi dikarenakan akibat adanya pengaruh luar (aksi) diantaranya seperti: beban luar, perubahan suhu, dan akibat penurunan (*settlement*).



Gambar 2.5 Deformasi pada balok dengan tumpuan sederhana.

Kemiringan di sembarang titik pada balok di definisikan sebagai fungsi garis singgung, atau sudut (dalam radian) antara sumbu balok semula dengan garis singgung di titik yang bersangkutan pada kurva elastis. Sudut ini boleh dianggap sebagai putaran garis singgung (*rotation of fargent*) kurva elastis, atau putaran penampang-tegak balok (*rotation of cross section*), asalkan garis singgung tersebut selalu tegak lurus pada penampang-tegak yang bersangkutan (Chu-Kia Wang, 1993). Untuk menentukan kemiringan (θ) di sembarang titik pada balok dengan metode beban satuan dapat di lihat pada persamaan berikut:

$$\theta = \int_0^L \frac{Mm\,dx}{EI} \quad \text{.....2.10}$$

Keterangan:
M adalah momen lentur akibat beban sebenarnya (beban luar) (kNm)
m adalah momen lentur akibat momen 1 satuan (kNm)

G. *EXPANSION JOINT*

Expansion Joint atau Siar Muai adalah bahan yang dipasang di antara dua bidang lantai beton untuk kendaraan atau pada perkerasan kaku dan dapat juga pertemuan antara konstruksi jalan pendekat sebagai media lalu lintas yang akan melewati jembatan, supaya pengguna lalu lintas merasa aman dan nyaman (Badan Litbang PU, Pd T-13-2005-B).

Fungsi dari *expansion joint* adalah untuk mengakomodasi gerakan yang terjadi pada bagian superstruktur jembatan. Gerakan ini berasal dari beban hidup, perubahan suhu, dan sifat fisik dari pembentuk jembatan (Transportation Research Board, 2003).

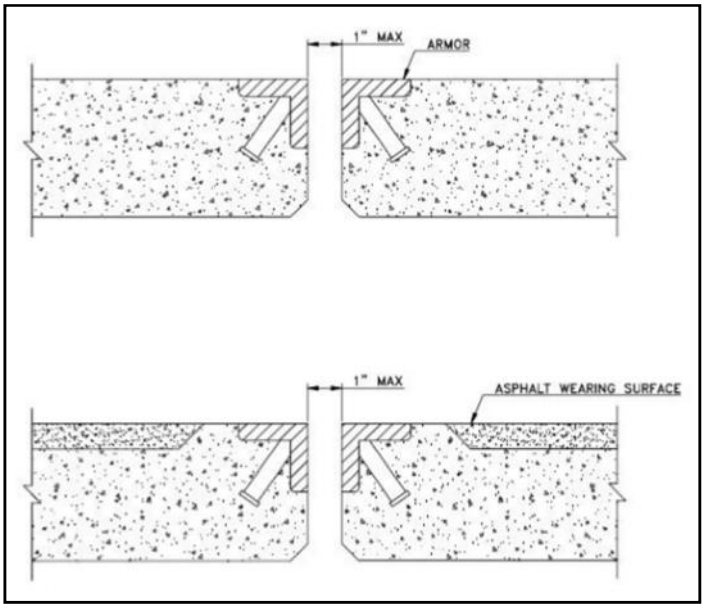
Menurut *Florida Department of Transportation* dalam "*Bridge Maintenance and Repair Handbook*", *expansion joint* di bagi dalam 2 jenis, *joint* terbuka dan *joint* tertutup. *Joint* tertutup dirancang agar kedap air, sedangkan *joint* terbuka tidak.

1. *Expansion Joint* Terbuka

Pada expansion joint terbuka, sistem drainase diletakan di bawah joint untuk mengumpulkan dan membawa air ke pembuangan. Hal ini dilakukan untuk mencegah kerusakan pada struktur beton. Sistem drainase sendiri berbentuk palung dan dibuat dari bahan anti karat. Jenis *expansion joint* terbuka yang umum digunakan di Indonesia adalah *Butt Joint* dan *Finger Joint*.

a. *Butt Joint*

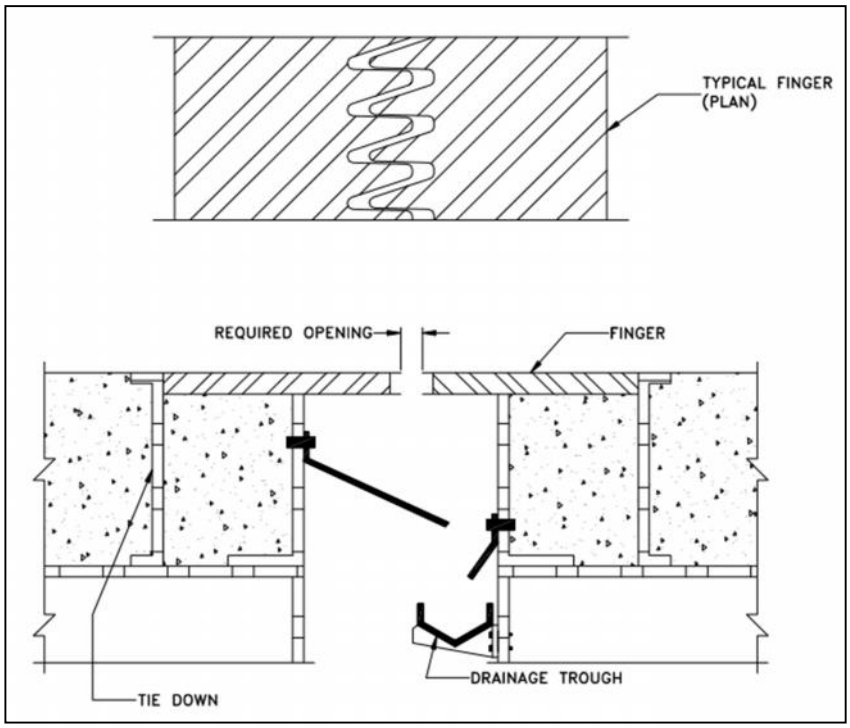
Butt joint adalah *joint* yang menggunakan besi berbentuk siku untuk melindungi tepi beton dari kerusakan akibat kendaraan yang melintas. *Joint* ini digunakan untuk jembatan dengan *small movement*, dengan *gap* maksimum sebesar 25 mm. *Butt joint* di buat dari besi siku yang disebut *armor* untuk melindungi bagian tepi beton dan dipasangkan pada beton menggunakan stud atau baut. Di Indonesia, *Butt joint* masih digunakan untuk jembatan-jembatan pendek.



Gambar 2.6 *Butt joint*.
(Sumber: *Bridge Maintenance and Repair Handbook*)

b. *Finger Joint*

Finger joint bisa mengakomodasi *movement* mulai dari 75 mm. *Finger joint* terbuat dari baja dan berbentuk seperti 2 sisir yang saling mengikat. Karena *Finger joint* termasuk dalam jenis *joint* terbuka, maka diberi drainase di bawah *joint*.



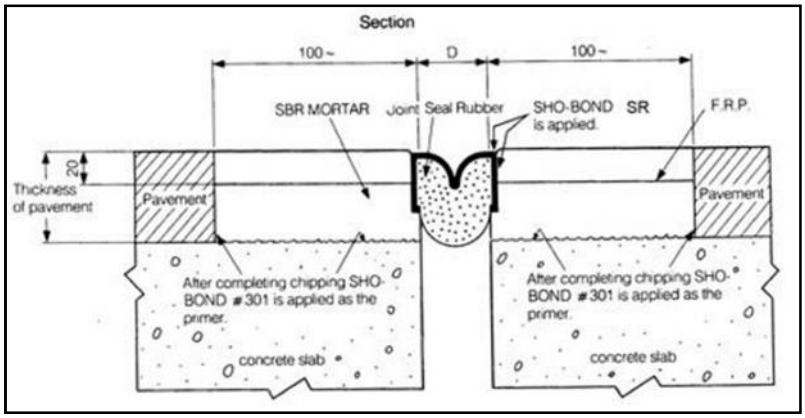
Gambar 2.7 *Finger joint*.
(Sumber: *Bridge Maintenance and Repair Handbook*)

2. *Expansion Joint* Tertutup

Jenis *expansion joint* tertutup yang biasa dipakai di Indonesia adalah *New Cut Off Joint*, *Asphaltic Plug Joint*, *Strip Seal Joint*, dan *Modular Joint*.

a. *New Cut Off Joint* (NCOJ)

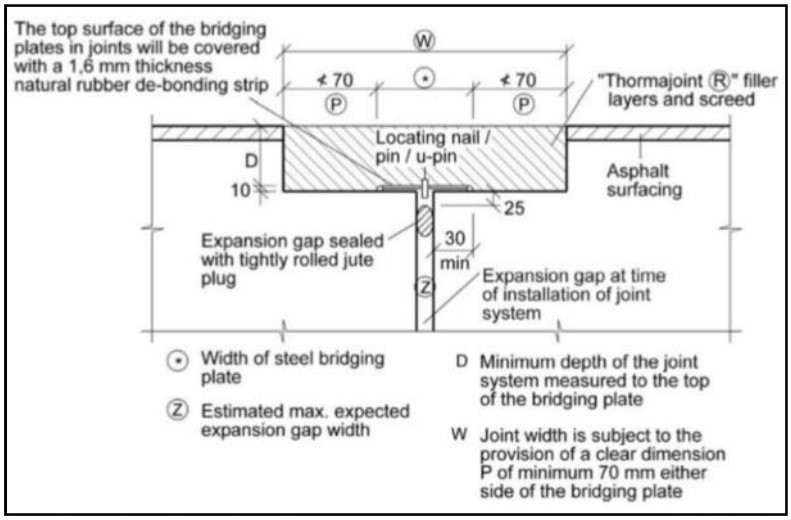
New cut off joint adalah *expansion joint* yang menggunakan *seal* berbahan dasar karet. Seal diletakan diantara *gap* untuk menahan *movement* yang terjadi pada jembatan. NCOJ adalah produk dari SHOBOND.



Gambar 2.8 *New cut off joint*.

b. *Asphaltic Plug Joint*

Asphaltic plug joint adalah sambungan siar muai yang terbuat dari bahan agregat yang dicampur dengan bahan pengikat binder, pelat baja dan angkur, dibuat pada temperatur tertentu yang berfungsi sebagai bahan pengisi pada sambungan.



Gambar 2.9 *Asphaltic plug joint*.

c. *Strip Seal Joint*

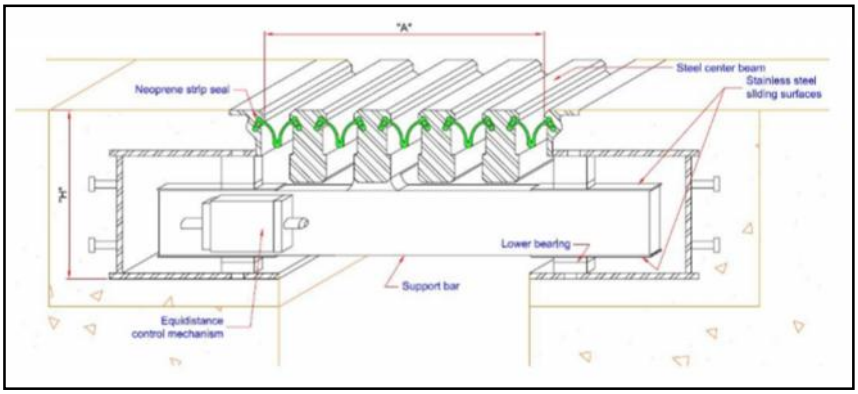
Strip seal joint berbentuk strip yang terbuat dari elastomer yang dimasukan ke dalam besi yang ditanam ke pelat beton. *Strip seal joint* mempunyai beberapa tipe untuk beragam *movement*. Ukuran

strip seal joint terbesar bisa menangani *movement* hingga 125 mm, tetapi untuk keamanan kebanyakan orang hanya membatasi hingga 100 mm saja.

Gambar 2.10 *Strip seal joint*.

d. *Modular Joint*

Modular joint berbentuk sepeti gabungan dari dua atau lebih *strip seal joint* untuk mengakomodasi *movement* yang sangat besar. *Modular joint* dibuat untuk mengakomodasi *movement* lebih dari 100 mm. Besarnya *modular joint* tergantung besarnya *movement*. *Modular joint* dirancang untuk jembatan dengan bentang yang panjang dengan kemampuan *movement* sampai 2 m. Biasanya *modular joint* digunakan untuk *movement* antara 150 mm sampai 600 mm. Ada 3 bagian utama dari *joint* ini, yaitu: *sealer*, *separator beam*, dan *support bar* (Transportation Research Board, 2003).



Gambar 2.11 *Modular joint*.
(Sumber: Watson Bowman Acme, 2000)

Tabel 2.4 Fitur, keunggulan, dan kelemahan dari masing-masing *expansion joint*

Tipe *Joint*	Fitur	Keunggulan	Kelemahan
Butt Joint	digunakan untuk jembatan bentang pendek dan *movement* kecil	biaya relatif murah	rentan terhadap karat, tidak kedap air
Finger Joint	untuk jembatan dengan bentang menengah sampai panjang	bisa mengakomodasi *movement* yang cukup besar	kemungkinan penyumbatan celah oleh puing di daerah jari
New Cut Off Joint	dapat mengakomodasi *movement* sampai 50 mm	mudah dalam pemasangan, kedap air	puing yang menumpuk pada *steal*
Asphaltic Plug Joint	dapat mengakomodasi *movement* sampai 25 mm	mudah dalam pemasangan, kedap air	menipis seiring waktu
Strip Seal Joint	memiliki *record* performa yang baik, bisa mengakomodasi *movement* sampai 5 inchi	kedap air	kinerja tergantung pada ketepatan pemilihan ukuran dan material *seal*
Modular Joint	digunakan untuk jembatan bentang panjang dan *movement* besar	bisa mengakomodasi *movement* besar dan kedap air	suara yang ditimbulkan dan *seal* yang tertutup puing

(Sumber: Luh-Maan Chang & Yao-Jong Lee, 2001, Evaluation And Policy For Bridge Deck Expansion Joints)

H. PERKEMBANGAN *LINK SLAB*

Berikut merupakan perkembangan *link slab* konstruksi lantai menerus pada jembatan yang dikembangkan oleh beberapa ahli seperti berikut:

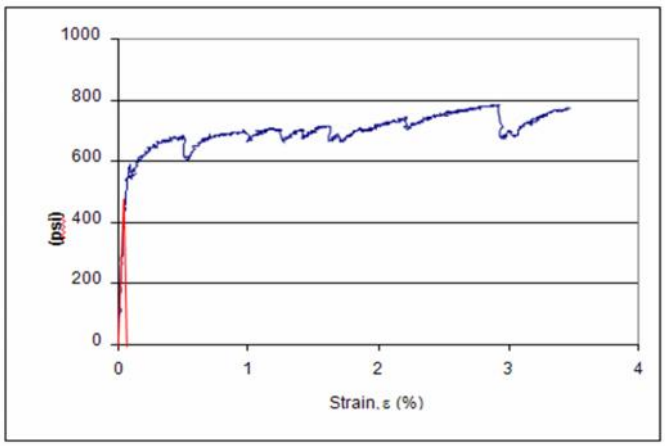
1. **Caner, A and P. Zia (1998), *Behavior and Design of Link Slab for Jointless Bridge Decks,* PCI Journal, pp.68-80.**

   Penelitian ini merupakan perkembangan awal dari *link slab* untuk konstruksi lantai menerus pada jembatan. Dalam penelitiannya *Caner dan Zia* menyimpulkan bahwa *link slab* lebih menerima gaya lentur dari pada gaya tarik *aksial* yang disebabkan beban lalu lintas yang ada, retak yang terjadi pada bagian atas *link slab* akibat adanya momen negatif pada daerah perletakan. Untuk balok baja lebar retak maksimum adalah 0,012" atau sekitar 0,3 mm saat 40% beban *ultimate* dan 0,030" atau sekitar 0,8 mm saat 67% beban *ultimate*. Dan rotasi yang diharapkan maksimum 0,0015 rad.

2. ***Victor C. Li, M. Weiman,* dkk (2003), *Durable Link Slab for Jointless Bridge Decks Based on Strain–Hardening Cementitious Composites, MDOT Project Manager, RC-1438.***

   Dengan mendasarkan hasil penelitian Caner dan Zia, penelitian ini bertujuan untuk memperkecil lebar *crack* yang terjadi pada *link slab* dengan penambahan *Polyvinyl Alcohol* (PVA) *fiber* pada campuran ECC yang merupakan bahan material untuk *link slab*. Dan hasil lebar retak yang ditimbulkan kurang dari 100 µm, dan hal ini sangat mendukung tingkat penyerapan air akibat retak yang terjadi. Dimana menurut AASHTO air mulai dapat masuk ke dalam beton pada lebar

retak sekitar 340 µm.



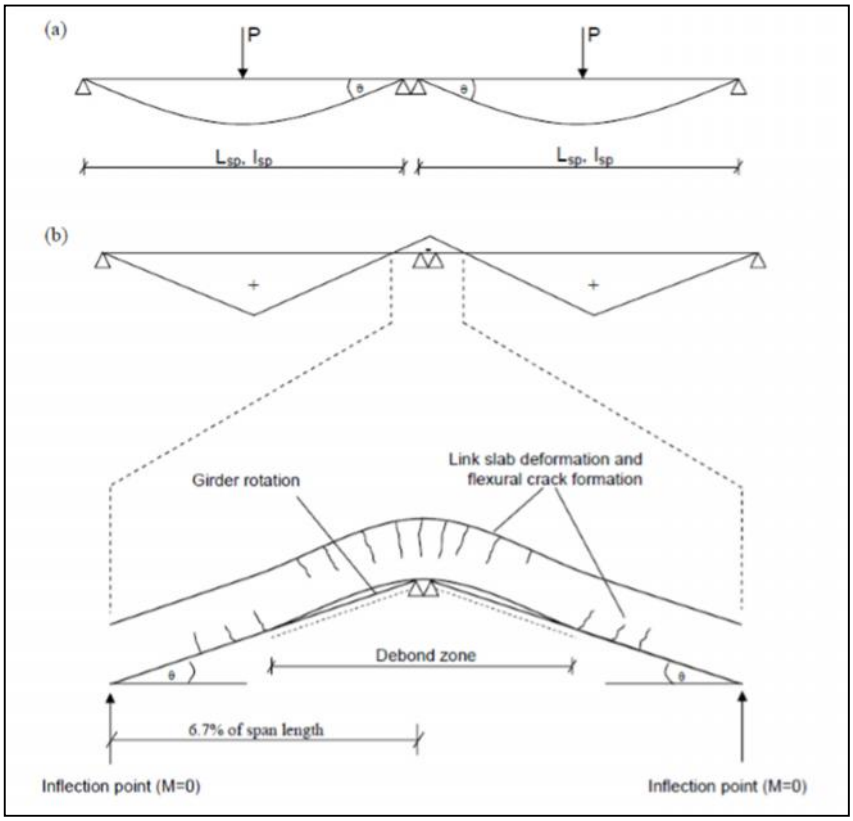
Gambar 2.12 Diagram regangan ECC.
(Sumber: *Michigan Department Of Transportation*, RC-1438)

Engineered Cementitious Composite (ECC) adalah suatu beton dengan campuran *fiber* yang kuat dalam menahan tegangan lentur dan tegangan geser (Li, 2002). Diagram menunjukkan kurva tegangan-regangan dari suatu ECC yang diberi *fiber Poly-Vinyl Alkohol* (PVA). Setelah retak pertama, ECC mengalami plastis dan penguatan tegangan dari suatu beban tarik 3.5% sebelum putus. Kapasitas regangan tarik ECC adalah sekitar 350 kali regangan tarik beton normal (0,01%).

I. ANALISIS DASAR *LINK SLAB*

Konstruksi *link slab* ditempatkan pada *debonding zone* yaitu daerah dimana momen negatif terjadi karena lantai kendaraan di buat konstruksi menerus. *Debonding zone* adalah bagian tengah dari *link slab* yang mana *shear connector* dari balok dihilangkan untuk menghindari aksi komposit yang terjadi antara balok dan lantai kendaraan. Dengan menghindari aksi

komposit, mekanisme *debonding zone* menjamin pada bagian atas sayap *girder* tidak menahan gaya geser antara *girder* lantai kendaraan. Ketika balok berdefleksi, *debonding* ini berfungsi sebagai engsel antara 2 bentang balok jembatan. Tetapi, di bagian luar *debonding zone, shear connector* tetap ada dan fungsinya kembali seperti semula yaitu menahan gaya geser sekaligus sebagai penimbul aksi komposit yang terjadi antara balok dan lantai kendaraan.



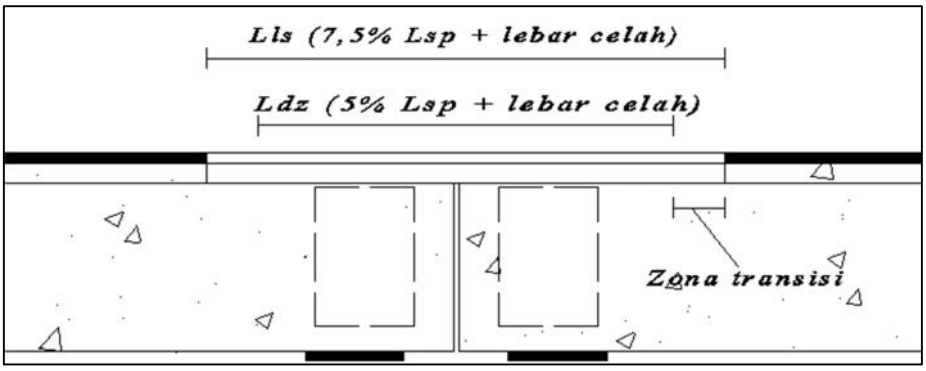
Gambar 2.13 a. Deformasi pada perletakan sederhana
b. Deformasi pada konstruksi menerus.
(Sumber: *Link Slab Deck Joints, MMM Group Limited*)

Panjang keseluruhan *link slab* dan panjang zona *debond link slab* dapat di hitung pada Persamaan 2.11 dan 2.12 sebagai berikut:

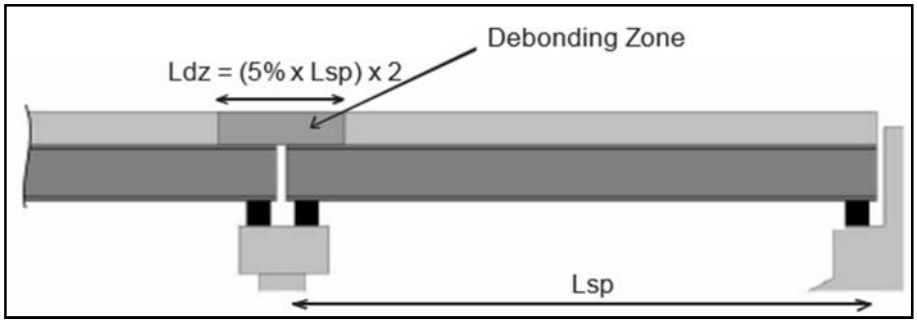
$L_{ls} = 0{,}075 \,.\, (L_1 + L_2) + GAP$ 2.11

$L_{dz} = 0{,}05 \,.\, (L_1 + L_2) + GAP$ 2.12

Keterangan:
L_{ls} adalah panjang *link slab* (m)
L_{dz} adalah panjang zona *debonding* (m)
GAP adalah celah diantara kedua gelagar (m)



Gambar 2.14 Skema *link slab*.



Gambar 2.15 *Debonding zone.*

J. ANALISIS *LINK SLAB* METODE KLASIK

Dalam studi ini, *link slab* akan dikaji dengan menggunakan metode klasik atau analitik yang diperkenalkan oleh Caner (1998). Berdasarkan Gambar 14, beban hidup P mengakibatkan putaran sudut θ pada pelat penghubung. Putaran sudut θ adalah fungsi dari geometri penampang, bentang, bahan, dan beban. *Link slab* didesain agar mampu memikul momen akibat

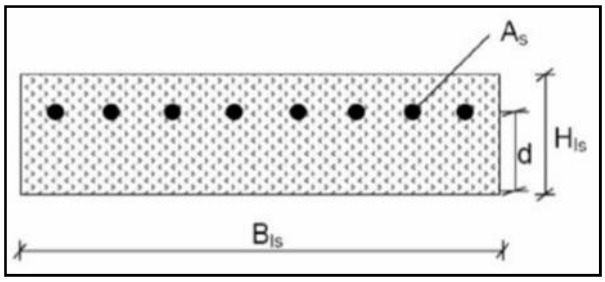
adanya rotasi yang terjadi pada balok yang tertumpu diatas dua perletakan akibat beban hidup dan beban mati tambahan, besarnya rotasi pada ujung balok, θ, dapat di hitung pada Persamaan 2.13 sebagai berikut:

$$\theta = \frac{PL_{sp}^2}{16E_c\,I_{sp}} + \frac{qL_{sp}^2}{24E_cI_{sp}} \quad \text{.....2.13}$$

Keterangan:
θ adalah sudut putaran (rad)
P adalah beban hidup (N)
L_{sp} adalah panjang bentang (m)
E_c adalah modulus elastisitas beton (N/m^2)
I_{sp} adalah momen inersia penampang beton (m^4)

Perhitungan rotasi pada *link slab* harus memenuhi persyaratan perencanaan *link slab*, dimana rotasi yang terjadi tidak melebihi rotasi izin pada *link slab* yaitu 0,00375 rad (Michigan Department Of Transportation, *2005*).

Penampang melintang pelat penghubung sebelum terjadi keretakan diperlihatkan pada gambar

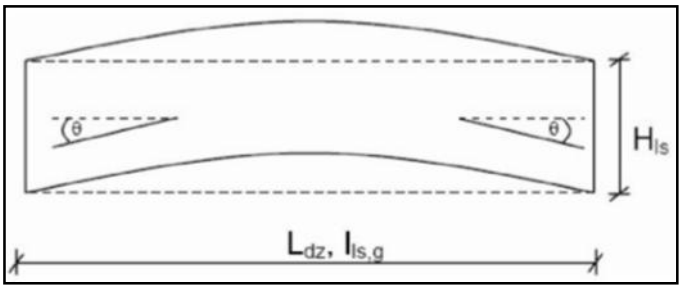


Gambar 2.16 Penampang pelat penghubung.
(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat)

Momen inersia pelat penghubung pada kondisi sebelum retak tergantung pada geometri penampang dan tidak bergantung kepada angka rasio tulangan ρ. Momen inersia penampang dinyatakan dalam:

$$I_{ls} = \frac{b_{ls}\, h_{ls}^3}{12} \quad \text{.....2.14}$$

Keterangan:
I_{ls} adalah momen inersia pelat penghubung (m^4)
b_{ls} adalah lebar penampang pelat penghubung (m)
h_{ls} adalah tinggi penampang pelat penghubung (m)



Gambar 2.17 Deformasi pelat penghubung akibat putaran sudut.
(Sumber: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat)

Berdasarkan Gambar 2.17, momen lentur M_a yang terjadi akibat rotasi θ adalah fungsi dari bahan dan geometri penampang. Besar momen lentur ini sebanding dengan putaran sudut θ. Berdasarkan metoda energi, besar momen ini adalah:

$$M_a = \frac{2E_c\, I_{ls}}{L_{dz}}\, \theta \quad \text{.....2.15}$$

Keterangan:
M_a adalah momen lentur (N.m)
L_{dz} adalah panjang pelat penghubung (m)

Momen retak M_{cr} adalah fungsi dari kuat tarik retak pertama material, untuk penampang seperti gambar tersebut, momen retak yang terjadi adalah:

$$M_{cr} = \sigma_{cr} \frac{B_{ls}\, H_{ls}^2}{6} \quad \text{.....2.16}$$

Keterangan:
M_{cr} adalah momen retak (N.m)
σ_{cr} adalah tegangan retak (N/m^2)

B_{ls} adalah lebar penampang pelat penghubung (m)
H_{ls} adalah tinggi penampang pelat penghubung (m)

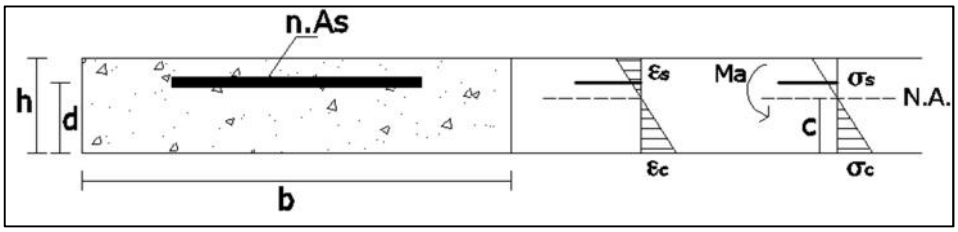
Momen inersia penampang retak dihasilkan dari penampang yang tidak mengalami retak di bawah garis netral dan eksentrisitas dari tulangan terhadap garis netral tersebut. Tegangan izin pada tulangan diasumsikan 0,4σ_y dibandingkan dengan tegangan tulangan pada arah longitudinal σ_s yang dinyatakan dalam persamaan (Caner dan Zia, 1998) berikut:

$$\sigma_s = \frac{M_a}{A_s\left\{d-\frac{1}{3}kd\right\}} = \frac{\frac{2E_c I_{is}}{L_{dz}}\theta}{A_s\left\{d-\frac{1}{3}kd\right\}} \leq 0{,}4\,\sigma_y \quad \text{.....2.17}$$

$$k = -n\rho + \sqrt{(n\rho)^2 + 2(n\rho)} \quad \text{.....2.18}$$

Untuk kondisi yang diizinkan ($\sigma_s < 0{,}4\sigma_y$), luas total tulangan (dalam hal ini dinyatakan dalam angka tulangan ρ).

Keterangan:
A_s adalah luas total penampang pelat penghubung (m^2)
I_{ls} adalah momen inersia pelat penghubung (utuh tidak retak) (m^4)
L_{dz} adalah panjang zona *debond* = 2 x (5% panjang bentang) (m)
L_{sp} adalah panjang bentang (m)
σ_s adalah tegangan tulangan pada arah longitudinal (N/m^2)
σ_y adalah tegangan leleh baja (N/m^2)
d adalah jarak sumbu netral terhadap serat tekan beton (m)
k adalah koefisien daerah tekan beton



Gambar 2.18 Diagram tegangan regangan *link slab*.

K. PERHITUNGAN TULANGAN *LINK SLAB*

Langkah-langkah untuk menganalisis tulangan *link slab* berdasarkan SNI 03-2847-2013, sebagai berikut:

1. Periksa nilai ρ dengan rumus sebagai berikut:

   a. $\rho_b = \beta_1 . \frac{0{,}85 . f_c'}{f_y} . \frac{600}{600+f_y}$ 2.19

   Keterangan:

   β_1=0,85 $(jika\ f_c' \leq 28\ MPa)$.....2.20

   β_1=0,85 − 0,05 $\left(\frac{f_c'-28}{7}\right)$ $(jika\ 28\ MPa \leq f_c' \leq 56\ MP\ )$.....2.21

   β_1=0,65 $(jika\ f_c' > 56\ MPa)$.....2.22

   b. $\rho_{max} = \frac{0{,}003+(f_y/E_s)}{0{,}003+\varepsilon_t}\ \rho_b$.....2.23

   $\varepsilon_t$untuk penampang terkendali tekan regangan tarik baja kurang dari sama dengan 0,002. ε_t untuk penampang terkendali transisi regangan tarik baja tidak boleh kurang dari 0,004. Sedangkan ε_t untuk penampang terkendali tarik, regangan baja tarik harus lebih besar sama dengan 0,005.

   c. $\rho_{min} = \frac{\sqrt{f_c'}}{4f_y} > \frac{1{,}4}{f_y}$ 2.24

   d. $\rho = \frac{1}{m}\left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m \times R_n}{f_y}}\right)$ 2.25

   $m = \frac{f_y}{0{,}85 \times f_c'}$ 2.26

   dimana nilai ρ diambil dari ketentuan sebagai berikut:

   (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, A_s tarik tidak mampu menahan beban sehingga dibutuhkan A_s tekan. (tulangan rangkap).

2. Menghitung momen nominal (M_n)

$M_n = \frac{M_u}{\emptyset}$ …….....2.27

Untuk penampang terkendali tarik $\emptyset = 0{,}90$……..2.28

Untuk penampang terkendali tekan

a. dengan tulangan spiral $\emptyset = 0{,}75$……..2.29

b. tulangan non-spiral $\emptyset = 0{,}65$……..2.30

Untuk penampang daerah transisi

$\emptyset = 0{,}75 + (\varepsilon_t - 0{,}002)(50)$ (untuk tulangan spiral)…….....2.31

$\emptyset = 0{,}65 + (\varepsilon_t - 0{,}002)\left(\frac{250}{3}\right)$ (untuk tulangan non-spiral)…...2.32

3. Menghitung faktor tahanan momen (R_n)

$R_n = \frac{M_n}{(b \times d^2)}$ …….....2.33

Dimana d adalah tinggi efektif yang dapat di cari dengan rumus sebagai berikut:

d_1 = h – p – ½ D……2.34

d_2 = h – p – D – (s/2) ……2.35

Keterangan:
d_1 adalah tinggi efektif untuk satu lapis tulangan (mm)
d_2 adalah tinggi efektif untuk dua lapis tulangan dengan letak dan jumlah tulangan sejajar (mm)

p adalah selimut beton (mm)
s adalah jarak antar tulangan (mm)

4. Menghitung tulangan beton:

a) Luas tulangan perlu (A_s) = $\rho \times b \times d$……....2.36

b) Jumlah tulangan (n) = $\frac{A_S}{0{,}25 \times \pi \times D^2}$ ……..2.37

Dimana D adalah diameter tulangan yang digunakan.

c) Luas penampang tulangan $(A_b) = \frac{1}{4} \times \pi \times D^2$……...2.38

d) Jarak tulangan utama (s) = $\frac{1000 \times A_b}{A_s}$ ……..2.39

Dimana A_s adalah luas tulangan yang diperlukan oleh pelat untuk memikul momen lentur yang terjadi.

e) Luas tulangan susut suhu $(A_{ss}) = \rho \times b \times h$……..2.40

Nilai ρ disesuaikan dengan mutu batang tulangan ulir pelat, yang terdapat pada SNI 2847:2013 Halaman 57 Pasal 7.12.2.1:

Luasan tulangan susut dan suhu harus menyediakan paling sedikit memiliki rasio luas tulangan terhadap luas bruto penampang beton sebagai berikut, tetapi tidak kurang dari 0,0014:

(a) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir Mutu 280 atau 350…….....0,0020

(b) Slab yang menggunakan batang tulangan ulir atau tulangan kawat las Mutu 420……...0,0018

(c) Slab yang menggunakan tulangan dengan tegangan leleh melebihi 420 MPa yang diukur pada regangan leleh sebesar 0,35 persen…….....$\frac{0{,}0018 \times 420}{f_y}$

5. Periksa nilai regangan pada baja tulangan tekan (ε_s')

$$\varepsilon_s' = 0{,}003 \times \frac{c-d'}{c} \quad \text{.....2.41}$$

Dimana d' adalah jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan baja tekan dan c adalah sumbu netral.

$$a = \beta \times c \quad \text{.....2.42}$$

$$c = \frac{a}{\beta} \quad \text{.....2.43}$$

$$a = \frac{A_s \times f_y}{0{,}85 \times f_c' \times b} \quad \text{.....2.44}$$

6. Periksa nilai regangan pada baja tulangan tarik (ε_t)

$$\varepsilon_t = \varepsilon_s = 0{,}003 \times \frac{d-c}{c} \quad \text{.....2.45}$$

Dimana d adalah jarak dari serat tekan terluar ke titik berat tulangan baja tarik untuk satu lapis tulangan dan c adalah sumbu netral.

7. Mencari nilai momen ultimit terpasang

Perhitungan dikatakan berhasil atau sesuai jika momen rencana penampang $\emptyset M_n > M_u$ momen terfaktor.

Mencari nilai $M_n = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$ 2.46

Dimana A_s yang digunakan adalah $A_{s\,terpasang}$

L. MATERIAL *LINK SLAB*

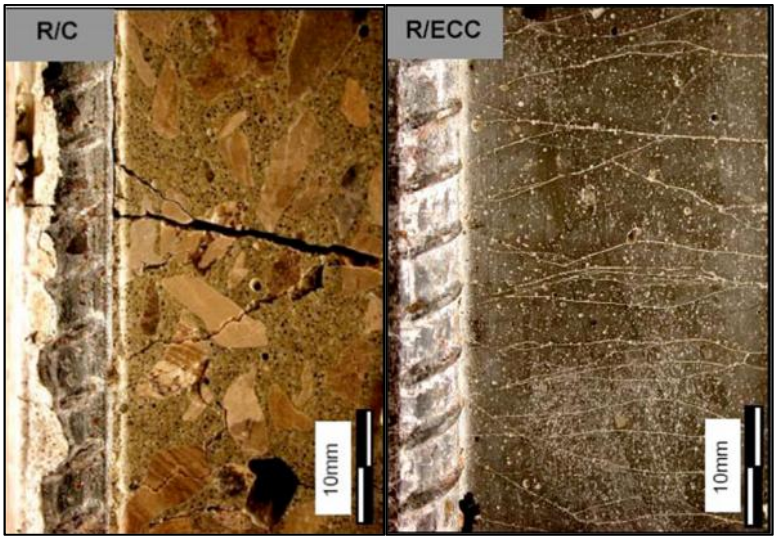
Hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan material beton untuk *link slab* selain memenuhi kekuatan tekan, juga diperhatikan kemampuan tariknya, disebabkan terbentuknya retak akibat lentur pada *debonding zone*. *Engineered Cementitious Composite* (ECC) adalah beton berserat

kinerja tinggi dengan kapasitas regangan tarik sampai 4% (400 kali kapasitas tarik beton normal) dan kapasitas lebar retak maksimum diantara 50 dan 70 µm selama regangan awal pengerasan yaitu di bawah 1% regangan tarik.

Tabel 2.5 Ukuran bahan campuran ECC

Mix Designation	*Cement*	*Fly Ash*	*Sand*	*Water*	SP	*Fiber*
M45	1,0	1,2	0,8	0,56	0,012	0,02
M45-X1	1,0	1,2	1,2	0,58	0,012	0,02
M45-X2	1,0	1,2	1,4	0,59	0,012	0,02
M45-X3	1,0	1,2	1,6	0,60	0,012	0,02

(Sumber: *Michigan Department Of Transportation*, RC-1471)



Gambar 2.19 Perbandingan pola retak antara beton normal dan ECC.
(Sumber: *Link Slab Deck Joints, MMM Group Limited*)

III. METODE PENELITIAN

A. PENDEKATAN PENELITIAN

Pendekatan penelitian yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif, karena hasil penelitian yang dilakukan berupa angka atau bilangan yaitu merupakan hasil analisis struktur jembatan menggunakan program *Microsoft Excel*.

B. LOKASI PENELITIAN

Lokasi penelitian merupakan tempat dilakukannya penelitian. Dalam hal ini, penelitian dilakukan di Gedung E Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung.

C. DATA PENELITIAN

Adapun data-data terkait dengan desain sambungan *link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang balok T adalah:

1. Data teknis jembatan

   Jembatan diasumsikan satu jalur dengan dua arah, lebar 3,5 m untuk masing-masing lajur, sehingga total jalur lalu lintas pada jembatan adalah 7 m. Data struktur jembatan sesuai dengan Standar Bangunan

Atas Konstruksi Jembatan Tipe Balok T untuk beban BM 100 (SNI 1748-1989-F) Departemen Pekerjaan Umum.

a. Bentang jembatan : 25 m x 2

b. Kelas jembatan : A

c. Lebar lalu-lintas : 2 x 3,5 meter

d. Lebar trotoar : 2 x 1 meter

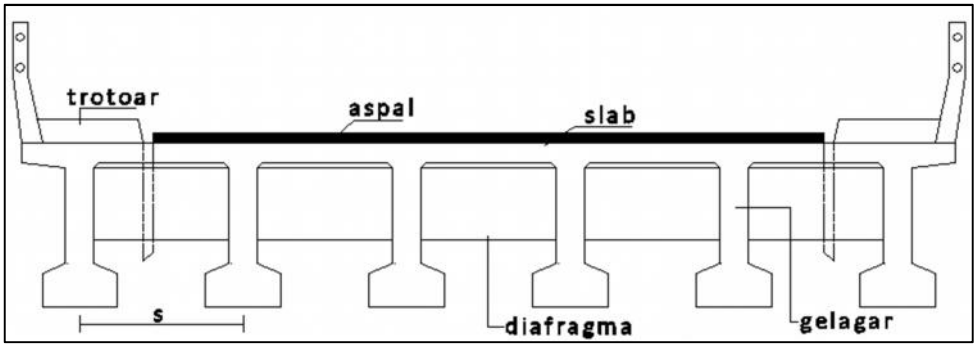
e. Lebar total jembatan : 9,3 meter

f. Tebal lantai (hf) : 0,2 meter

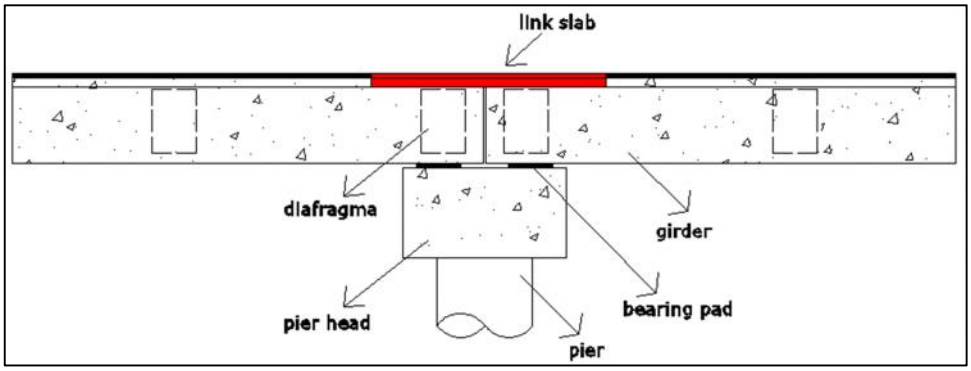
g. Jumlah balok T gelagar : 6 buah

h. Jarak antar balok gelagar : 1,7 meter

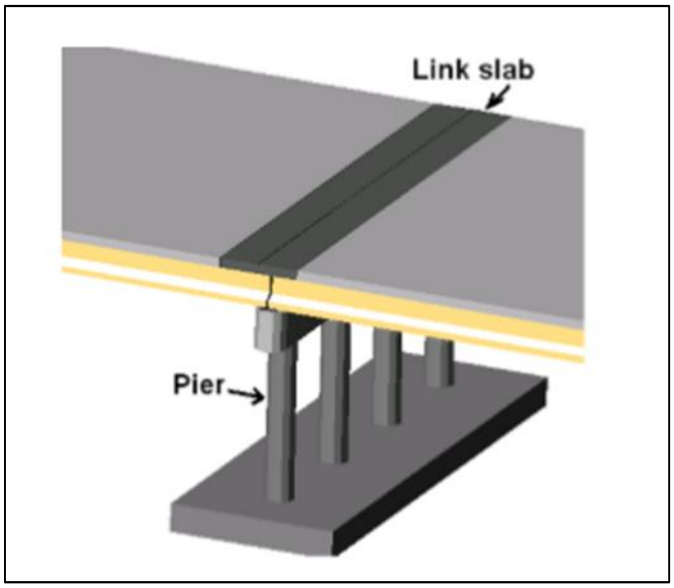
i. Tinggi bidang samping : 2,5 meter



Gambar 3.1 Tampak melintang jembatan.



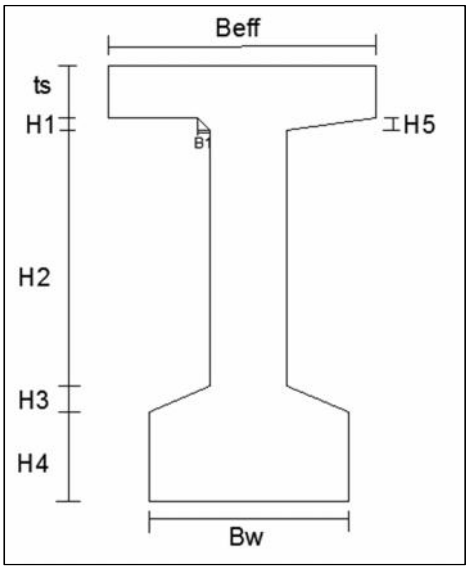
Gambar 3.2 Tampak memanjang jembatan.



Gambar 3.3 Tampak atas jembatan.
(Sumber: *Michigan Department Of Transportation,* RC-1514)

2. Perencanaan dimensi gelagar

   Pada gelagar beton tipe ini lantai kendaraannya terbentuk dari *flens* gelagar dengan tebal 20 cm. Dimensi gelagar berdasarkan Standar Bangunan Atas Konstruksi Jembatan Tipe Balok T untuk beban BM 100 Departemen Pekerjaan Umum.



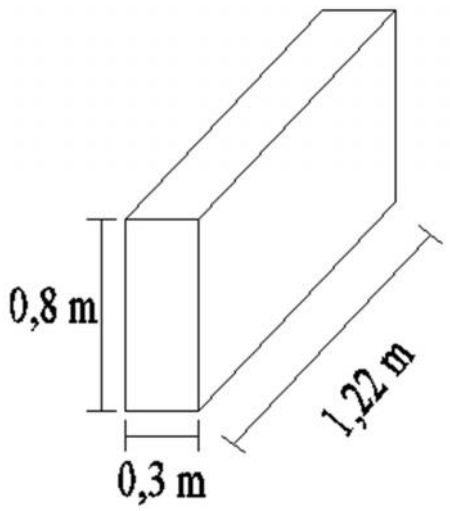
Gambar 3.4 Dimensi gelagar bentang 25 m.

Tabel 3.1 Dimensi gelagar

Kode	Dimensi	Unit
B_w	0,78	m
B_1	0,05	m
H_1	0,05	m
H_2	1	m
H_3	0,1	m
H_4	0,35	m
H_5	0,05	m
ts	0,2	m

3. Perencanaan dimensi balok diafragma

   Dimensi balok diafragma sesuai dengan Standar Bangunan Atas Konstruksi Jembatan Tipe Balok T untuk beban BM 100 Departemen Pekerjaan Umum.



Gambar 3.5 Dimensi balok diafragma bentang 25.

4. Data-data bahan

   a. Kuat tekan beton

      Untuk mutu beton gelagar dan diafragma adalah $f_c' = 25$ MPa

   b. Mutu baja

      Digunakan mutu baja tulangan $f_y = 390$ MPa

   c. Tebal pelat dan tebal selimut beton

      Direncanakan tebal pelat 200 mm dan tebal selimut beton 20 mm

5. Data perencanaan *link slab*

   Jenis *link slab* yang digunakan pada desain ini yaitu *link slab* dengan bahan ECC-S M45 yang mencapai kuat tekan 48,70 MPa pada umur 28 hari (MICCE, 2015). Panjang *link slab* dan panjang zona *debond link slab* dapat dilihat pada Persamaan 2.11 dan 2.12.

D. PROSEDUR PENELITIAN

Berikut prosedur yang dilakukan dalam penelitian ini:

1. Melakukan studi literatur

   Studi literatur dilakukan dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan peraturan-peraturan terkait.

2. Menentukan spesifikasi jembatan:

   Menentukan spesifikasi jembatan berdasarkan peraturan PU dan Bina Marga meliputi tipe dan dimensi jembatan balok T yang akan di analisis.

3. Pembebanan rencana:

   Pembebanan rencana menggunakan peraturan yang tercantum dalam SNI-1725-2016 mengenai standar pembebanan untuk jembatan. Beban yang digunakan meliputi berat sendiri, beban mati tambahan, dan beban lalu lintas (beban lajur dan beban truk).

4. Desain sambungan *link slab*:

   Desain sambungan *link slab* menggunakan peraturan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat tentang Pedoman Perancangan Jembatan Semi-Integral Tipe Balok Beton Pracetak Prategang. Analisis dilakukan dengan metode klasik atau analitik yang meliputi:

   a. Menentukan panjang bentang balok
   b. Menentukan *debonding zone*
   c. Menghitung momen inersia *link slab*
   d. Menghitung momen lentur *link slab*
   e. Penulangan *link slab*
   f. Cek rotasi dan tegangan

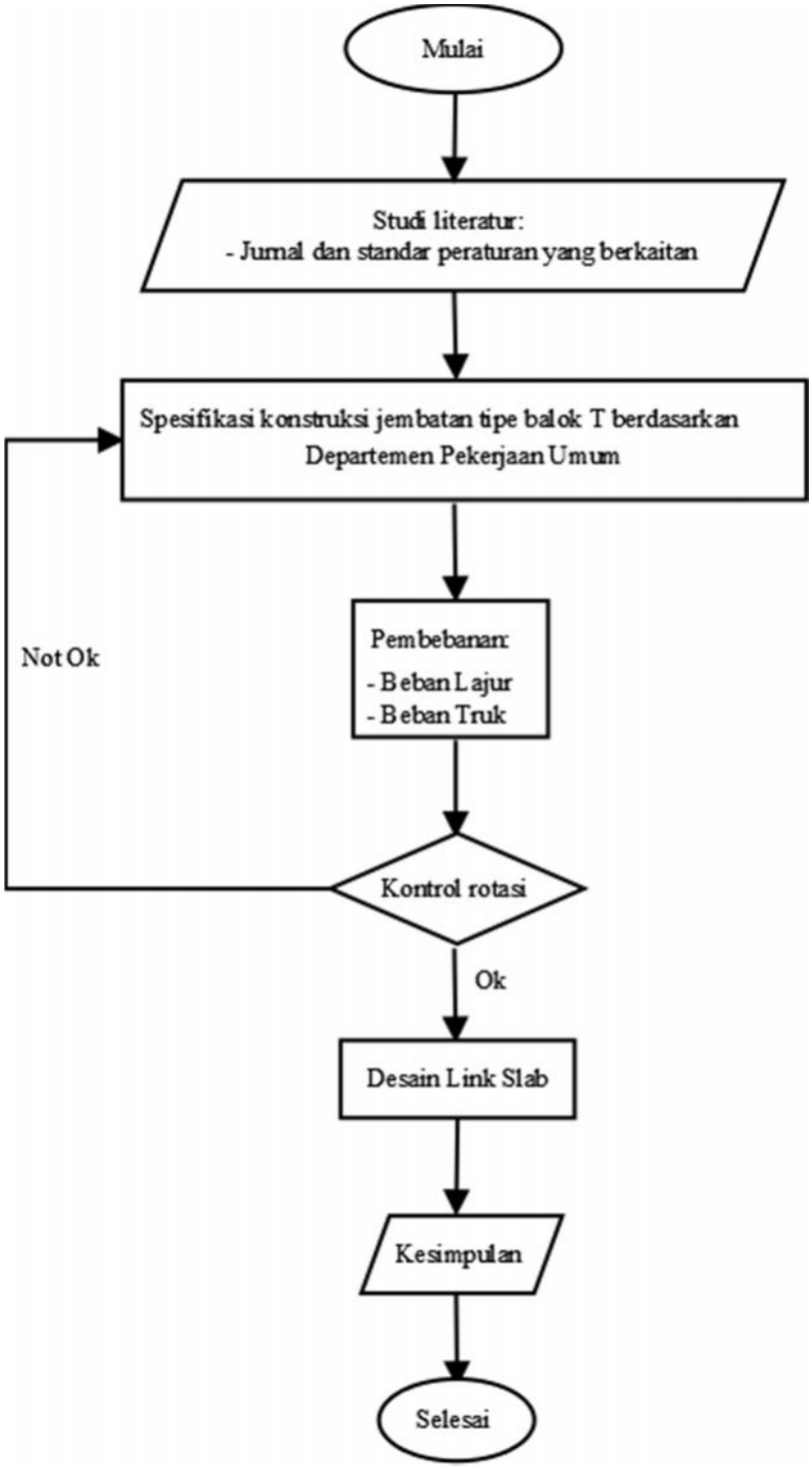
5. Mengolah data dengan bantuan *Microsoft Excel*, diantaranya:

   a. Menghitung titik berat penampang, luas penampang, dan inersia penampang gelagar
   b. Pembebanan jembatan
   c. Mendesain sambungan *link slab*

6. Menyimpulkan hasil dari desain sambungan *link slab* pada jembatan beton bertulang balok T.

E. KERANGKA PENELITIAN

Adapun langkah-langkah dalam penelitian ini dapat dilihat pada *flow chart* berikut:



Gambar 3.6 Diagram alir.

V. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil setelah melakukan desain ini adalah sebagai berikut:

1. Besarnya panjang zona *debonding link slab* pada jembatan gelagar beton bertulang balok T bentang 25 m x 2 sebesar 2,55 m dengan panjang keseluruhan *link slab* sebesar 3,8 m. Untuk mendesain *link slab*, beban yang digunakan hanya beban lajur (beban tersebar merata dan beban garis) dan beban truk. Beban tersebut dapat mempengaruhi besarnya rotasi pada *link slab*. Rotasi yang terjadi pada desain jembatan gelagar beton bertulang balok T 25 m x 2 ini sebesar 0,0024 rad yang diakibatkan oleh beban lajur kendaraan, karena besarnya rotasi akibat beban lajur kendaraan lebih besar dari pada rotasi akibat beban truk. Rotasi ini memenuhi persyaratan karena tidak melebihi rotasi yang diizinkan pada *link slab* yaitu sebesar 0,00375 rad. Oleh karena itu, standar jembatan gelagar beton bertulang balok T departemen pekerjaan umum yang dipergunakan sebagai acuan memenuhi persyaratan rotasi untuk pemasangan *link slab*.
2. Berdasarkan hasil desain, tulangan *link slab* pada gelagar jembatan balok T dipasang sebagai tulangan tunggal satu lapis, yang dimana tulangan tarik *link slab* berada di atas akibat adanya momen negatif yang terjadi pada

link slab. Dengan menggunakan f_c' *link slab* 48,7 MPa dan f_y baja tulangan 390 MPa, maka dipasang tulangan utama *link slab* D19 – 350 mm sedangkan tulangan susut suhu D12 – 275 mm.

B. Saran

Adapun saran yang dapat diberikan setelah melakukan desain ini adalah sebagai berikut:

1. Dalam hal pemasangan *link slab* pada gelagar jembatan, sebaiknya tidak hanya dilihat dari segi analisis struktur, tetapi dapat juga di analisis dari segi pelaksanaan, pemakaian alat, dan biaya.
2. Pemasangan *link slab* pada jembatan ini baik untuk dilakukan, sehingga studi ini dapat dilanjutkan dengan tipe balok serta panjang bentang yang lebih bervariasi.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Standarisasi Nasional, 2016, *Pembebanan Untuk Jembatan*, SNI 1725:2016, Jakarta.

Badan Standarisasi Nasional, 2013, *Persyaratan Beton Struktural Untuk Bangunan Gedung*, SNI 2847:2013, Jakarta.

Balitbang (Badan Penelitian dan Pengembangan) Departemen Pekerjaan Umum (PU), 2012, *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan*, Pusat Litbang Prasarana Transportasi, Bandung.

C Li, Victor. M Lepech. M Li, 2005, *Field Demonstration Of Durable Link Slabs For Jointless Bridge Decks Based On Strain-Hardening Cementitious Composites*, University of Michigan. Michigan.

Departemen Pekerjaan Umum, 1989, *Spesifikasi Konstruksi Jembatan Tipe Balok T Bentang s/d 25 m Untuk Beban BM 100*, SNI No:1748-1989-F.

Dipohusodo, Istimawan, 1994, *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.

Florida Department Of Transportation, *Bridge Maintenance and Repair Handbook*.

Gambar Standar Pekerjaan Jalan dan Jembatan volume dua, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.

Ho, Edmund. Jim Lukashenco, 2011, *Paper Prepared For Presentation At The Session Bridge- Successes: Let's Build On Them Of The 2011 Annula Conference Of The Transportation Association Of Canada*, MMM Group Limited, Edmonton Alberta.

Irawan, F, 2010, *Studi Penggunaan, Perbaikan dan Metode Sambungan untuk Jembatan Komposit Menggunakan Link Slab*, Surabaya: Tugas Akhir, Jurusan Teknik Sipil ITS.

Kementrian Pekerjaan Umum Dan Perumahan Rakyat, 2015, *Perancangan Jembatan Semiintegral Tipe Balok Beton Pracetak Prategang.*

Kim, Y.Y., Fischer, G., and V.C. Li, *Performance of Bridge Deck Link Slabs Designed with Ductile ECC* ACI Structural J., V101, No. 6, Nov-Dec. 2004, pp792801.

McCormac, Jack C, 2004, *Desain Beton Bertulang Edisi Kelima*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Mulyono, Tri, 2004, *Teknologi Beton*, Penerbit ANDI, Yogyakarta.

Setiawan, Agus, 2016, *Perancangan Struktur Beton Bertulang Berdasarkan SNI 2847:2013*, Jakarta: Penerbit Erlangga.

Struyk, J.H., Van Der Veen, W.C.H.K., 1984, alih bahasa Soemargono, Jembatan, Penerbit Pradnya Paramita, Jakarta.

Sugihardjo, H, *Kajian Nonseismik Dan Seismik Jembatan Komposit Sederhana Multi Bentang Yang Diretrofitting Meggunakan Link Slab*, Institut Teknologi Sepuluh November, Surabaya, Indonesia.

Supriyadi, Bambang, dan Agus S. Muntohar, 2001, *Jembatan*, IV ed, Beta Offset.

Transportation Research Board, 2003, *National Cooperative Highway Research Program: Bridge Deck Joint Performance*.

Universitas Lampung, 2016, *Pedoman Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*, Unila Offset. Bandar Lampung.

Wang, Chu-Kia, 1993, *Analisis Struktur Lanjutan, jilid 1*, Jakarta: Erlangga.

Wang, Chu-Kia, dan Charles G. Salmon, 1993, *Disain Beton Bertulang, jilid 1*, Jakarta: Erlangga.