

ANALISA NUMERIK *DISPLACEMENT* PADA VARIASI MODEL *LINK SLAB* BETON AKIBAT PELETAKAN BANTALAN KARET

Andi Rahmat¹

¹Program Studi Teknik Sipil, Universitas Pendidikan Muhammadiyah Sorong, Papua Barat Daya, INDONESIA

email: andi_rahmat@unimudasorong.ac.id

ABSTRAK

Link slab beton sebagai pengganti expansion joint yang menghubungkan dua span girder telah dirancang sebagai bagian kontinu dari deck slab dan permukaan bawah link terhubung ke permukaan atas ujung girder. Dalam aplikasi retrofitting dan penggantian expansion joint ditemukan bahwa permukaan atas gelagar ujung terpasang ke bantalan karet sebelum pemasangan link slab. Oleh karena itu ada ikatan langsung antara link slab ke bantalan karet dan bantalan karet ke permukaan atas girder. Kondisi ini perlu dipelajari dengan simulasi numerik untuk mendapatkan efek pemasangan bantalan karet terhadap *displacement link slab* beton. Analisis dilakukan dengan menggunakan software ABAQUS. Girder, pelat dek, bantalan karet keras (hard rubber), bantalan karet sedang (medium rubber) dan bantalan karet lunak (soft rubber) dimodelkan sebagai solid 3D. Beban lalu lintas berdasarkan SNI 1725:2016 tentang pembebanan pada jembatan diterapkan pada sistem struktur link slab beton. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan bantalan karet keras di bawah link slab memberikan efek *displacement* yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan link slab dengan bantalan karet sedang dan lunak serta link slab tanpa bantalan. Hal ini ditunjukkan dengan persentase *displacement* antara -1,324 % - 0,936 % pada bantalan karet keras LS-1 dengan ketebalan 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Pada link slab dengan bantalan karet lunak ditemukan persentase *displacement* terjadi lebih besar yaitu antara Hal ini ditunjukkan dengan persentase perbedaan momen antara -51,923% – -54,923% pada bantalan karet lunak LS-1 dengan ketebalan 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Pada link slab dengan bantalan karet sedang didapatkan persentase *displacement* lebih kecil dari *displacement* link slab pada bantalan karet lunak yaitu antara -3,825% - 1,639%. Hasil lebih besar dibandingkan dengan *displacement* bantalan karet keras. Dengan demikian penggunaan bantalan karet keras lebih baik dibandingkan bantalan karet sedang dan lunak pada perletakan link slab.

Key words: *link slab*, solid 3D, *displacement*, *rubber pads*

PENDAHULUAN

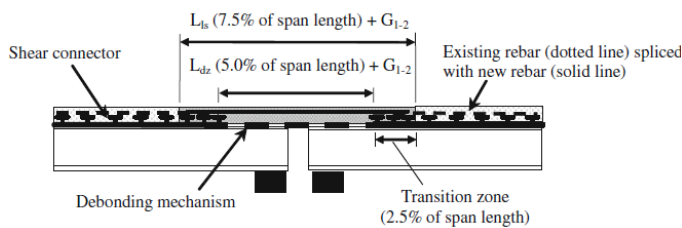
Permasalahan yang muncul pada jembatan yang mempunyai lebih dari bentang yang menggunakan *expansion joint* adalah seiring berjalannya waktu maka *expansion joint* tersebut akan mengalami kelelahan dan penurunan kekuatan yang berakhir dengan terjadinya retak. Pada saat terjadi retak maka akan terbentuk celah kecil yang akan mengakibatkan air hujan masuk ke dalam celah tersebut. Hal ini akan mengakibatkan

korosi pada balok dan perletakan jembatan. Permasalahan yang ada ini akan memberikan ketidaknyamanan bagi pengguna jalan dan dapat mengakibatkan kegagalan struktur bila dibiarkan terjadi korosi terus menerus. Untuk menyelesaikan masalah tersebut maka penggunaan *link slab* dapat menjadi suatu alternative penyelesaian masalah yang timbul akibat kerusakan pada *expansion joint* (Sugiharjdo dkk, 2010).

Hong, Yu (2014) menyatakan sistem *link slab* dapat memberikan manfaat pada pelat

lantai jembatan menerus, penyempurnaan desain dan detail dari link slab itu sendiri diperlukan untuk mengoptimalkan jembatan ini sistem dek dan memastikan jangka panjang kinerja. Bahan dengan kapasitas regangan tarik tinggi, seperti beton serat (FRC), dapat digunakan untuk aplikasi di link slab untuk meningkatkan kekuatan, daya tahan dan karakteristik retak *link slab*.

Qian dkk (2009) menyajikan pendekatan inovatif untuk merancang transisi zona antara segmen pelat lantai beton dan *link slab* dengan bahan *engineered cementitious composite* yang mudah terdeformasi dan berdampingan dengan pelat lantai jembatan komposit girder baja. Pusat *link slab* yang semua konektor geser antara gelagar dan geladak dilepas untuk mencegah aksi komposit antara gelagar dan pelat lantai (Gbr. 1). Bersamaan dengan pelepasan *shear connectors*, mekanisme debonding mekanis didapatkan pada *top flange* gelagar untuk selanjutnya mencegah transfer geser antara gelagar dan pelat lantai. Mekanisme *debonding* ini dapat berupa standar *roofing tar paper* (untuk digunakan dengan balok baja) atau *plastic sheeting* (untuk digunakan dengan balok beton pracetak).

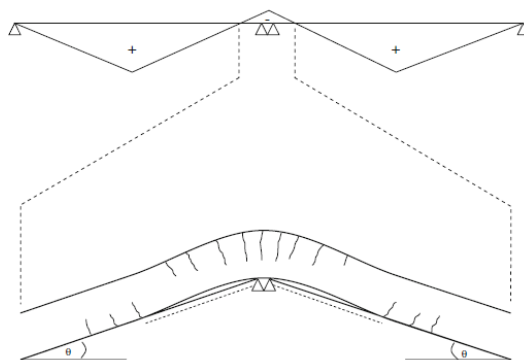


Gambar 1. Skema ECC Link Slab

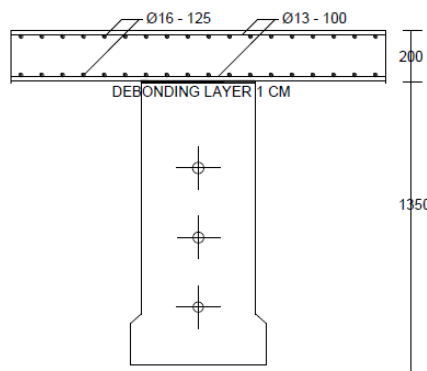
Sementara aksi komposit dipertahankan pada bentang yang berdekatan, *debonding* dalam *link slab* ini memungkinkannya berfungsi lebih efisien sebagai engsel antara dua bentang yang berdekatan saat mereka membelokkan (seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2).

Sugihardjo (2009) memodelkan *link slab* dengan cara elemen hingga 3D solid dan elemen portal pada jembatan beton prategang bentang 22, 25, 31, 34, dan 40 meter dengan bantuan *software* SAP 2000. Bahan yang di

gunakan adalah beton normal. Dari hasil analisis numerik disimpulkan bahwa ketebalan *link slab* minimal 200 mm, ijin tulangan kurang dari $0.4\sigma_y$. Zona *debonding* pada penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.



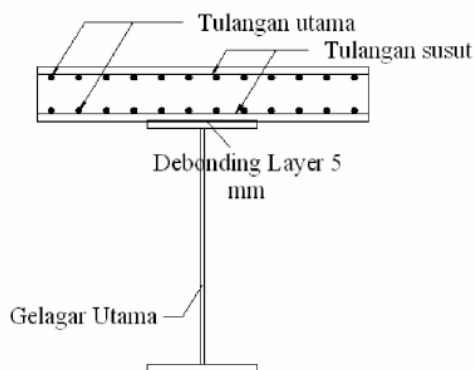
Gambar 2. Distribusi momen bentang jembatan dan mekanisme *hinging link slab*, Qian dkk (2009)



Gambar 3. Penampang tipikal dan penulangan *link slab* (bentang jembatan 22 m), Sugihardjo dan Supani (2009)

Pada penelitian yang lain, dengan metode analisis numerik menggunakan SAP2000 pada Sugihardjo dkk (2010) mendapatkan zona nirlekat (Zona *debonding*) berkisar antara 5,5 – 14,5 % pada penggunaan *link slab* dengan bahan beton normal pada jembatan komposit dengan bentang 12, 16, 20, 25 dan 30 m. Zona nirlekat ini ditunjukkan pada Gambar 4.

Menurut Mothe (2006) peningkatan rasio panjang nirlekat menjadikan momen lokal pada *link slab* menurun. Kondisi ini dapat terjadi karena fakta bahwa *link slab* pendek lebih kaku pada lentur dan karenanya mereka menghasilkan lebih banyak kesinambungan dalam sistem yang mengarah ke momen terbesar dalam slab.



Gambar 4. Posisi *debonding layer*, Sugihardjo dkk (2010)

Pada beberapa pekerjaan *retrofitting* jembatan di Indonesia ditemukan penggunaan bantalan berbahan karet untuk menggantikan standar *roofing tar paper* dan *plastic sheeting* pada zona *debonding* menurut Qian dkk (2009). Penggunaan bantalan ini memungkinkan terjadi aksi komposit antara *link slab*, bantalan karet dan gelagar jembatan. Olehnya itu perlu dilakukan penelitian dengan pendekatan numerik dengan bantuan *software* ABAQUS untuk mendapatkan informasi penting pengaruh variasi bantalan karet terhadap *displacement* yang terjadi pada *link slab*.

METODE PENELITIAN

Analisis numerik *link slab* berupa pemodelan elemen hingga dengan bantuan *software* ABAQUS v.6.14-3. Pembebanan berupa beban lalu lintas pada dua bentang gelagar seperti ditunjukkan pada Gambar 8.

Link slab dimodelkan sebagai pelat menerus dari pelat lantai jembatan yang ditempatkan pada permukaan atas ujung gelagar yang

berdekatan seperti pada Gambar 5 dan 6. Gelagar dan *link slab* menjadi suatu sistem model yang pada area ujung permukaan bawah gelagar diletakkan di atas *bearing* baja dengan perletakan sederhana, rol-sendi-rol-sendi-rol.

Metode elemen hingga (*Finite Element Analysis*) merupakan metode numerik yang menggunakan sistem diskretisasi elemen. Sistem diskretisasi mensyaratkan pembagian elemen-elemen menjadi komponen yang kecil. Pembagian elemen (*meshing*) dilakukan dengan pada ukuran yang berbeda-beda. Semakin banyak jumlah elemen akurasi pemodelan semakin baik. Kontrol akurasi pemodelan ini disebut konvergensi.

Data Perencanaan

Data teknis yang digunakan sebagai data pemodelan sebagai berikut.

1. Data Gelagar Beton Prategang

Dimensi gelagar beton prategang dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 5 dan Gambar 6. Gelagar yang dimodelkan terdiri atas 2 gelagar dengan ukuran yang sama yaitu panjang = 30,6 m dan tinggi = 1,7 m. Data ini merupakan profil WIKA PCI girder. (Victorianto, 2018).

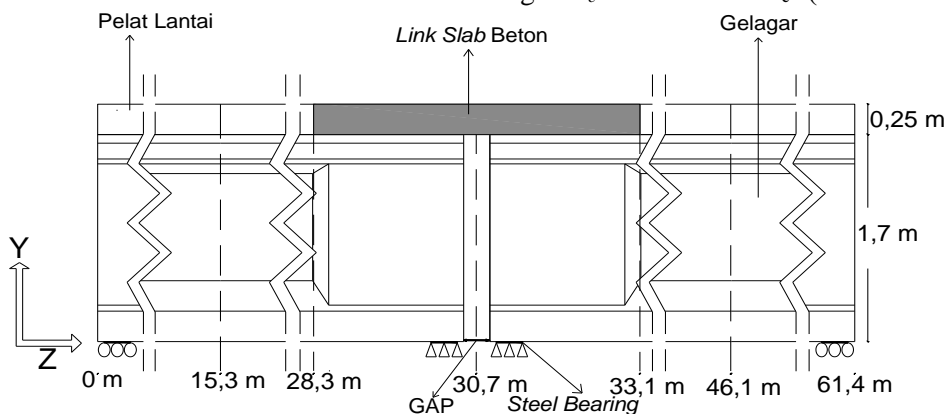
Material yang digunakan untuk gelagar adalah beton $f_c' = 40$ MPa (Victorianto, 2018). Modulus elastisitas beton ditentukan dengan rumus $w^{1.5}0,043\sqrt{f_c'}$ (SNI 2847-2013) sehingga E_c gelagar adalah 35019 MPa. Rasio poisson untuk beton adalah 0,2 (Gere dan Timoschenko, 1990)

2. Data *Link Slab*

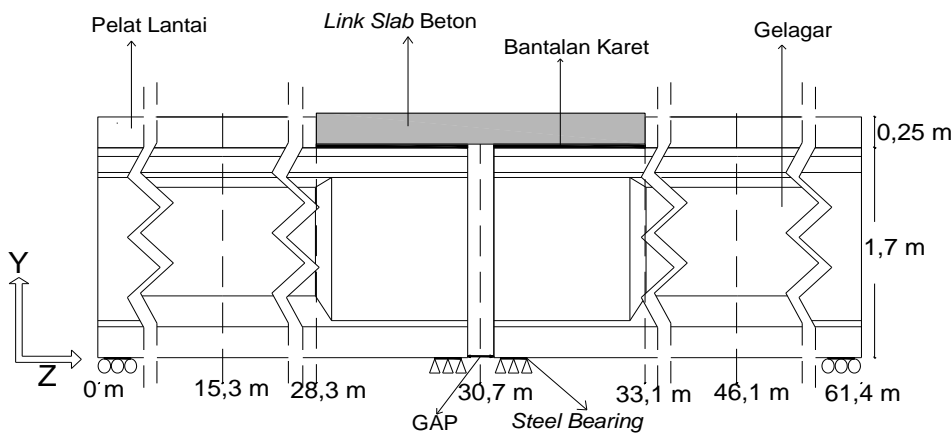
Dimensi *link slab* ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Panjang *link slab* adalah 4,79 m diperoleh dari $0,075.(L_{sp1}+L_{sp2})+GAP$ (Li dkk, 2003). Tebal *link slab* adalah 0,25 m mengikuti tebal pelat lantai jembatan profil komposit WIKA PCI girder (Victorianto, 2018). Lebar *link slab* adalah 1,2 m merujuk

pada penelitian yang dilakukan oleh Sugihardjo dkk (2010). Nilai GAP diasumsikan 0,2 m.

Material *Link slab* adalah beton f_c' 25 MPa yang didesain menggunakan beton normal sehingga modulus elastisitas ditentukan dengan E_c sebesar $4700\sqrt{f_c'}$ (SNI



Gambar 5. Skema *Link Slab* beton tanpa bantalan karet



Gambar 6. Skema *Link Slab* beton dengan bantalan karet

2847-2013) sehingga E_c beton f_c' 25 MPa adalah 23500 MPa. Rasio poisson untuk beton adalah 0,2 (Gere dan Timoschenko, 1990)

modulus elastisitas ditentukan dengan E_c sebesar $4700\sqrt{f_c'}$ (SNI 2847-2013) yaitu 23500 MPa. Rasio poisson untuk beton adalah 0,2 (Gere dan Timoschenko, 1990)

3. Data Pelat Lantai

Dimensi pelat lantai jembatan ditunjukkan pada Gambar 4 dan Gambar 5. Panjang pelat lantai pada 1 bentang gelagar adalah 28,3 m. Diperoleh dari panjang gelagar ($L_{spl} - (0,5 \times \text{panjang link slab} + 0,5 \times \text{GAP})$). Material pelat lantai jembatan adalah beton f_c' 25 MPa (Victorianto, 2018) yang didesain menggunakan beton normal sehingga

4. Data Bantalan Karet

Bantalan karet terdiri dari 3 jenis geometrik dimana penampang bantalan memiliki luas yang sama, 229,5 cm x 60 cm dengan masing-masing ketebalan 1 cm, 2 cm dan 3 cm. Panjang bantalan karet 229,5 cm diperoleh dari 0,5 panjang *link slab* dikurangi dengan

0,5 GAP. Lebar bantalan karet diperoleh dari lebar *top flange* gelagar.

Material karet yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari 2 jenis yaitu *hard rubber* dan *soft rubber*. Modulus elastisitas *hard rubber* adalah $2,3 \times 10^9$ Pa dan *soft rubber* adalah $0,005 \times 10^9$ Pa (Karnopp, dkk. 2012 Seymour dan Raymond (1990) menyatakan *poisson ratio* ideal untuk elastomer adalah 0,5 dan polimer gelas sekitar 0,33. Dalam penelitian ini *poisson ratio* untuk bantalan karet dipakai 0,4 karena *software* Abaqus tidak bisa memproses analisis jika menggunakan *poisson ratio* ideal untuk bantalan karet.

5. Data Steel Bearing

Letak *steel bearing* pada struktur pemodelan ditunjukkan pada Gambar 3 dan Gambar 4. Diasumsikan panjang = 0,4 m, lebar = 0,4 m, dan tebal = 0,01 m.

Material *steel bearing* adalah baja jenis *metals-52100 bearing steel* dengan modulus elastisitas (E) = 210000 MPa (Cotell dkk, 1994). Rasio poisson untuk baja adalah 0,3 (Gere dan Timoschenko, 1990)

Parameter Pemodelan Elemen Struktur

Parameter pemodelan elemen struktur pada ABAQUS dalam penelitian ini menggunakan model elemen 3D solid linear untuk seluruh komponen.

Gambar tampak 2D pemodelan struktur yang dimodelkan pada ABAQUS v.6.14 dapat ditunjukkan pada Gambar 5 dan Gambar 6. Gambar 5 adalah tampilan 2D dari komponen-komponen struktur desain *link slab* beton tanpa bantalan karet. Gambar 6 adalah tampilan 2D dari komponen-komponen *link slab* beton dengan bantalan karet.

Variasi Pemodelan Link Slab

Dari detail pemodelan *link slab* berdasarkan geometri dan sifat bahan maka ditentukan variasi pemodelan dari kombinasi pemodelan *link slab* tanpa dan dengan bantalan karet seperti pada Tabel 1.

Link slab beton merupakan variable tetap dalam penelitian ini yang dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan kuat tekannya yaitu beton $f_c' 25$ MPa. *Link slab* beton $f_c' 25$ MPa

Tabel 1. Variasi pemodelan desain *link slab*

No	Nama	Keterangan
1	M1001	LS1-tanpa bantalan karet
2	M1002	LS2-tanpa bantalan karet
3	M1003	LS3-tanpa bantalan karet
4	M1111	LS1-bantalan <i>hard rubber</i> 1 cm
5	M1121	LS1-bantalan <i>hard rubber</i> 2 cm
6	M1131	LS1-bantalan <i>hard rubber</i> 3 cm
7	M1211	LS1-bantalan <i>soft rubber</i> 1 cm
8	M1221	LS1-bantalan <i>soft rubber</i> 2 cm
9	M1231	LS1-bantalan <i>soft rubber</i> 3 cm
7	M1311	LS1-bantalan <i>medium rubber</i> 1 cm
8	M1321	LS1-bantalan <i>medium rubber</i> 2 cm
9	M1331	LS1-bantalan <i>medium rubber</i> 3 cm

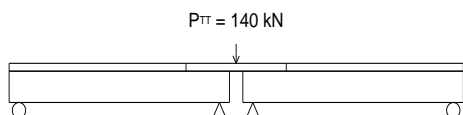
disimbolkan dengan *LS-1*.

Bantalan *hard rubber*, *soft rubber* dan *medium rubber* merupakan variabel tidak tetap yang divariasikan berdasarkan ketebalan yaitu ketebalan 1 cm, 2 cm dan 3 cm.

Identifikasi Model Elemen Hingga Struktur

Analisis numerik dengan metode elemen hingga adalah solusi pendekatan dengan membagi komponen struktur desain menjadi bagian-bagian kecil (*meshing*) dalam jumlah

tertentu. Dengan metode ini akurasi solusi meningkat seiring dengan peningkatan jumlah elemen. Proses ini lebih dikenal sebagai proses konvergensi. Untuk mendapatkan hubungan konvergensi ini sistem *link slab* dibebani pada bagian tengah *link slab* seperti pada Gambar 7, pada beberapa jenis ukuran mesh.

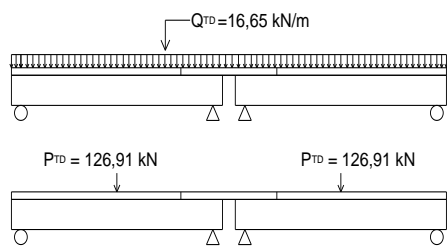


Gambar 7. Pembebanan tengah bentang *link slab*

Hasil dari konvergensi berupa ukuran pembagian elemen sehingga didapatkan jumlah elemen untuk pada masing-masing jenis pemodelan.

Skema Pembebanan Link Slab

Skema pembebanan pada *link slab* ditunjukkan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Skema Pembebanan Pada *Link Slab* akibat beban lalu lintas pada dua bentang gelagar PCI girder

HASIL DAN PEMBAHASAN

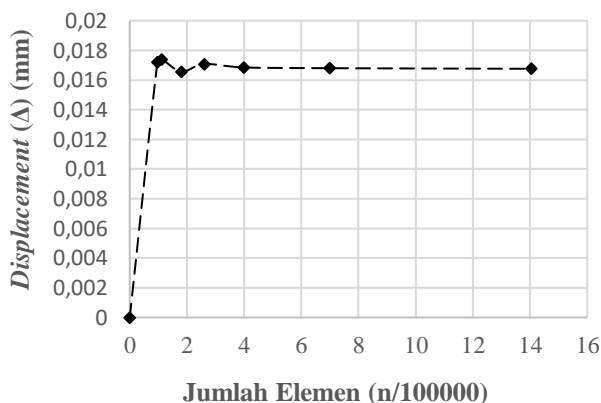
1. Konvergensi Pemodelan Struktur

Dari variasi jumlah elemen didapatkan *displacement* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. *Displacement* pada 1 titik permukaan bawah *link slab* akibat pembebanan P_{TT}

Ukuran mesh	Jumlah Elemen (n)	<i>displacement</i> (Δ)	% kesalahan
		(mm)	
0	0	0	-
0.1	96760	0.01721	100.00
0.09	113434	0.01738	0.96
0.08	180739	0.01657	-4.91
0.07	261172	0.01708	3.01
0.06	400376	0.01685	-1.40
0.05	699496	0.01680	-0.27
0.04	1405370	0.01676	-0.26

Dari Tabel 2 diperoleh grafik hubungan antara jumlah elemen dengan *displacement* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik hubungan antara jumlah elemen *meshing* dengan *displacement*

Dari Gambar 9 dan Tabel 2 ditunjukkan bahwa perubahan ukuran mesh menjadi lebih kecil membuat jumlah elemen (n) menjadi semakin banyak dan *displacement* berangsur-angsur mendekati nilai konstan pada ukuran mesh 0,06 m dengan persentase kesalahan sebesar -1,4%.

Ukuran mesh yang digunakan untuk variasi pemodelan *link slab* dipilih 0,05 m dengan jumlah elemen 699496. Persentase kesalahan ukuran mesh ini adalah -0,27%.

2. Tinjauan *displacement* Pada Variasi Pemodelan *Link Slab*

Dalam pemodelan ini, pengaruh beban mati dan gaya prategang gelagar PCI diabaikan dengan alasan pada saat dilakukan pengecoran *link slab*, beban mati gelagar telah bekerja. Salah satu hasil pembacaan momen pada *link slab* akibat mekanisme pembebanan lalu lintas (Gambar 8)

Tinjauan *displacement* dipusatkan pada ujung *link slab* yang berada pada sta 28,305 m dan sta 33,095 m dimana pada ujung *link slab* ini terjadi *displacement* terbesar. Nilai *displacement* pada sta 28,305 m dan sta 33,095 m dapat dianggap sama karena selisihnya sangat kecil. Nilai *displacement* pada sta 28,305 dijadikan sebagai tinjauan perbandingan selisih dan reduksi *link slab* tanpa dan dengan bantalan karet.

3. Perbandingan *Displacement Link Slab LS 1* Tanpa dan Dengan Bantalan Karet

3.1. *LS-1* bantalan *hard rubber*

Displacement M1111 memiliki selisih 0,001 mm dari *displacement* M1001. Setelah dibandingkan dengan *displacement* M1001 persentase perbedaan *displacement* M1111 terhadap *displacement* M1001 adalah -0,225 %. *Displacement* M1121 memiliki selisih 0,006 mm terhadap *displacement* M1001 yang berarti persentase perbedaan M1121 terhadap M1001 adalah -1,324 %. *Displacement* M1131 memiliki selisih -0,004 mm terhadap M1001 yang berarti persentase perbedaan M1131 terhadap M1001 adalah 0,936 %. Perhitungan persentase reduksi *displacement* ini ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Persentase *displacement* pada *LS 1-hard rubber*

Tebal	Δ_0	Δ_1	Selisih $\Delta_0 - \Delta_1$	$\left(\frac{\Delta_0 - \Delta_1}{\Delta_0}\right) \times 100$
(mm)	mm	mm	kN.m	%
10	-0,46	-0,461	0,001	-0,225
20	-0,46	-0,466	0,006	-1,324
30	-0,46	-0,464	0,004	0,936

Dari Tabel 3, Δ_0 adalah *displacement* yang terjadi akibat beban lalu lintas pada *link slab* tanpa bantalan karet sedangkan Δ_1 adalah *displacement* yang terjadi pada *link slab* setelah penambahan bantalan karet *hard rubber* pada zona transisi *link slab* dengan gelagar beton prategang. Kemudian dari hasil perhitungan persentase pada Tabel 3 diperoleh hubungan antara tebal bantalan karet *hard rubber* dengan perubahan *displacement* yang terjadi seperti grafik pada Gambar 10.

3.2. *LS-1* bantalan *soft rubber*

Displacement M1211 memiliki selisih 0,235 mm dari *displacement* M1001. Setelah dibandingkan dengan *displacement* M1001 persentase perbedaan tegangan M1211 terhadap *displacement* M1001 adalah -51,04 %. *Displacement* M1221 memiliki selisih 0,253 mm terhadap *Displacement* M1001 yang berarti persentase perbedaan M1221 terhadap M1001 adalah -54,923 %. *Displacement* M1231 memiliki selisih 0,243 mm terhadap M1001 yang berarti persentase perbedaan M1231 terhadap M1001 adalah -52,904 %. Persentase perbedaan *displacement* ini ditunjukkan pada Gambar 5.26.

Tabel 4. Persentase *displacement* pada *LS 1-bantalan soft rubber*

Tebal	Δ_0	Δ_1	Selisih $\Delta_0 - \Delta_1$	$\left(\frac{\Delta_0 - \Delta_1}{\Delta_0}\right) \times 100$
(mm)	Mm	kN.m	kN.m	%
10	-0,46	-0,69	0,235	-51,923%
20	-0,46	-0,71	0,253	-54,923%
30	-0,46	-0,70	0,243	-52,904%

Dari Tabel 4, Δ_0 adalah *displacement* yang terjadi akibat beban lalu lintas pada *link slab* tanpa bantalan karet sedangkan Δ_1 adalah *displacement* yang terjadi pada *link slab* setelah penambahan bantalan karet *soft rubber* pada zona transisi *link slab* dengan gelagar beton prategang. Kemudian dari hasil perhitungan persentase pada Tabel 4

diperoleh hubungan antara tebal bantalan karet *soft rubber* dengan perubahan *displacement* yang terjadi seperti grafik pada Gambar 10.

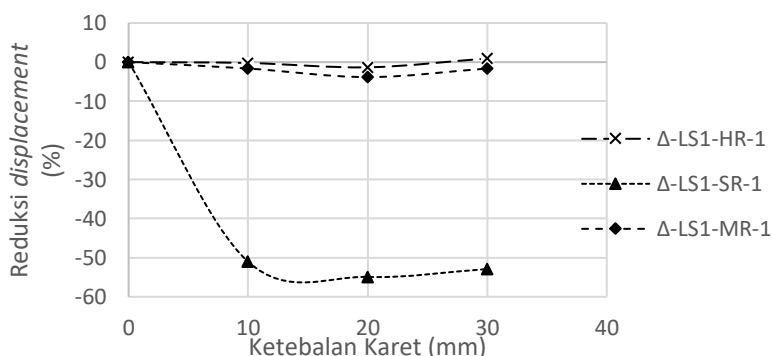
3.3. LS-1 Bantalan *Medium Rubber*

Displacement M1311 memiliki selisih 0,007 mm dari *displacement* M1001. Setelah dibandingkan dengan *displacement* M1001 persentase perbedaan *displacement* M1311 terhadap *displacement* M1001 adalah -1,639 %. *Displacement* M1321 memiliki selisih 0,017 mm terhadap *displacement* M1001 yang berarti persentase perbedaan *displacement* M1321 terhadap *displacement* M1001 adalah -3,825 %. *Displacement* M1331 memiliki selisih 0,007 mm terhadap *displacement* M1001 yang berarti persentase perbedaan *displacement* M1331 terhadap *displacement* M1001 adalah -1,639 %. Persentase perbedaan *displacement* ini ditunjukkan pada Gambar 10.

Tebal	Δ_0	Δ_1	Selisih $\Delta_0 - \Delta_1$	$\left(\frac{\Delta_0 - \Delta_1}{\Delta_0}\right) \times 100$
(mm)	mm	mm	mm	%
10	-0,46	-0,47	0,007	-1,639
20	-0,46	-0,48	0,017	-3,825
30	-0,46	-0,47	0,007	1,639

Pada Tabel 5, Δ_0 adalah *displacement* yang terjadi akibat beban lalu lintas pada *link slab* tanpa bantalan karet sedangkan Δ_1 adalah momen yang terjadi pada *link slab* setelah penambahan bantalan karet *hard rubber* pada zona transisi *link slab* dengan gelagar beton prategang. Kemudian dari hasil perhitungan persentase pada Tabel 5 diperoleh hubungan antara tebal bantalan karet *hard rubber* dengan perubahan *displacement* yang terjadi seperti grafik pada Gambar 10.

Tabel 5. Persentase *displacement* pada LS-1 *medium rubber*



Gambar 10. *Displacement* link slab beton $f_c' 25$ MPa pada masing-masing variasi ketebalan karet

Pada Gambar 5.26 σ -LS1-HR-1 adalah reduksi *displacement link slab* beton $f_c' 25$ MPa bantalan *hard rubber* akibat

pembebanan 1. σ -LS1-SR-1 adalah reduksi *displacement link slab* beton $f_c' 25$ MPa bantalan *soft rubber* akibat pembebanan 1 dan σ -LS1-MR-1 adalah reduksi

displacement link slab beton $f_c' 25$ MPa bantalan *medium rubber* akibat pembebanan 1. Reduksi *displacement* yang terjadi pada *hard rubber*, *soft rubber* dan *medium rubber* bernilai negatif yang berarti terjadi tambahan *displacement*. Semakin kecil tambahan *displacement* pada *link slab* akibat pembebanan semakin baik untuk untuk *link slab*. Tambahan *displacement* terkecil terjadi pada *link slab* beton $f_c' 25$ MPa dengan bantalan *hard rubber*.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemasangan bantalan karet keras di bawah link slab memberikan efek *displacement* yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan link slab dengan bantalan karet sedang dan lunak serta link slab tanpa bantalan. Hal ini ditunjukkan dengan persentase *displacement* antara -1,324 % - 0,936 % pada bantalan karet keras LS-1 dengan ketebalan 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Pada link slab dengan bantalan karet lunak ditemukan persentase *displacement terjadi* lebih besar yaitu antara Hal ini ditunjukkan dengan persentase perbedaan momen antara -51,923% – -54,923% pada bantalan karet lunak LS-1 dengan ketebalan 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Pada link slab dengan bantalan karet sedang didapatkan persentase *displacement* lebih kecil dari *displacement* link slab pada bantalan karet lunak yaitu antara -3,825% - 1,639%..

Reduksi *displacement* yang terjadi pada *hard rubber*, *soft rubber* dan *medium rubber* bernilai negatif yang berarti terjadi tambahan *displacement*. Semakin kecil tambahan *displacement* pada *link slab* akibat pembebanan semakin baik untuk untuk *link slab*. Tambahan *displacement* terkecil terjadi pada *link slab* beton $f_c' 25$ MPa dengan bantalan *hard rubber*.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standarisasi Nasional, 2016. SNI 1725: 2016 *Pembebanan Untuk Jembatan*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standarisasi (2013). SNI 2847:2013 *Persyaratan Beton Struktural untuk Bangunan Gedung*. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional
- Cotell, C. M., Sprague, J. A., Smidt, Jr. F. A., 1994 *ASM HANDBOOK VOLUME 5 Surface Engineering. The ASM International Handbook Committee*.
- Hong, Yu., 2014. *Analysis and Design of Link Slabs in Jointless Bridges with Fibre-Reinforced Concrete*. Waterloo-Ontario-Canada: University of Waterloo.
- Karnoop, D.C., Margolis, D.L., Rosenberg, R.C. 2012. *System Dynamics: Modeling, Simulation, and Control of Mechanics Systems, Fifth Edition*. John Wiley & Sons, Inc.: Canada.
- Li, V.C., Fisher G., Kim, Y., Lepech, M., Qian, S., Weimann, M. dan Wang,S. 2003. *Durable Link Slabs for Jointless Bridge Decks Based on Strain-Hardening Cementitious Composites*. University of Michigan.
- Mothe, Ram Naren., 2006. *Partial continuity in prestressed concrete girder bridges with jointless decks*. India : The Department of Civil and Environmental Engineering B.E., Osmania University.
- Qian, S., D. Michael, Y. Lepech, Y. Kim, and V.C Li. 2009. *ACI Structural Journal. Introduction of Transition Zone Design for Bridge Deck Link Slabs Using Ductile Concrete*, 1, V. 106, No. 1, January-February 2009: 96-105.
- Seymour and Raymond, B. 1990. *Engineering Polymer Sourcebook*. McGraw-Hill : United States.
- Sugihardjo, H and Supani. 2009. 1st International on rehabilitation and Maintenance in Civil Engineering (ICRMCE), Solo. *Introduction of Repairing and Joining Methods for Simply-Supported Prestressed Bridges Using Link Slab*: 66-73.
- Sugihardjo, H., Piscesa, B., dan Irawan, F. 2010. *Studi Penggunaan Link Slab Pada Jembatan Komposit*. Surabaya: Institut Teknologi Surabaya.

ISSN :

Victorianto, E. 2018, Optimasi Jembatan Integral
Beton Pracetak Prategang *I-Girder* Untuk
Jalan Raya