STUDI EKSPERIMENTAL KUAT LEKAT BAJA TULANGAN DEFORM DENGAN KARET ALAM SPESIFIKASI RUBBER FOR BUILDING

Jhonson Andar Harianja[1)], Kristianto, Y[2)]

[1)]Jurusan Teknik Sipil Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta
e-mail : harianja_andar@yahoo.com

[2)]Alumni S1 Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Kristen Immanuel Yogyakarta
e-mail : kristiantoyusak@yahoo.co.id

ABSTRACT

This experimental study aimed to look into the possibility of utilizing natural rubber with steel reinforcement as a structural element. The focus of the experiment was to investigate the bonding strength between the rubber and the reinforcing steel through pull test.

Three testing specimens were made of pale crepe rubber according to ACSI. The rubber specimens were cast in a mold made of 0.6 cm thick steel. The dimension of the mold was 6 cm x 10 cm x 40 cm. Deformed reinforcing steel bar was embedded at the center of the cross-sectional area of the rubber. The steel was subjected to pull on a pulling test apparatus. Displacement of the steel was measured by a dial gauge. Analysis on the bonding strength and the development length were made based on the pulling load occurring at 0.25 mm displacement.

The result of the analysis revealed that the average bonding strength between the rubber and steel was 0.3492 MPa. The calculation of the development length for the rubber and steel used in this experiment according to the guideline stipulated in SNI-91 resulted in n factor equal to 12.06. This led to the conclusion that the bonding strength between the reinforcing steel and rubber was below that of reinforcing steel and concrete.

Keywords : bonding strength, rubber.

I. PENDAHULUAN

Karet dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu karet alam dan sintetis. Karet dapat diolah menjadi karet dengan sifat-sifat yang berbeda, mulai dari tingkat kekerasan, warna, keawetan, dan lain-lain sesuai tujuan pemakaiannya. Oleh sebab itu, dengan meningkatkan sifat-sifat fisik karet sangat dimungkinkan digunakan sebagai elemen bangunan. Apabila dipadukan dengan bahan lain seperti baja tulangan, sifat aksional bersama perlu diselidiki

dan terus mengolah dan memodifikasi bentuk maupun faktor kekuatan yang dapat dihasilkan dari kombinasi kedua bahan tersebut.

Modifikasi perlakukan dan penambahan unsur kimia dalam pengolahan karet dapat mengubah sifat-sifat material karet, diantaranya sifat kekerasan yang berperan penting terhadap besarnya ikatannya dengan material lainnya. Apakah dengan usaha memodifikasi sifat material karet menjadi lebih keras dapat menciptakan lekatan yang baik dengan baja tulangan adalah satu aspek komposit yang perlu diselidiki melalui pengujian kuat lekat dengan uji tarik lolos tulangan yang ditanam dalam karet bersamaan dengan proses pencetakan karet.

Percobaan tarik lolos baja tulangan dari material karet ini hanya menggunakan baja tulangan ulir berdiameter 8 mm dengan jenis karet alam dengan spesifikasi *rubber for building*. Baja tulangan ditanam dalam karet bersamaan pada saat pembentukan karet dengan proses panas. Sifat material karet yang diselidiki menyangkut nilai modulus elastisitas dan inersia penampang benda uji serta pengujian kuat tarik lolos dilakukan dengan memberikan gaya tarik terhadap baja tulangan dan mengukur pergeseran tulangan relatif terhadap karet.

Pengaruh panas pada proses pencetakan terhadap pemuaian baja tidak diselidiki dalam penelitian ini karena usaha yang dilakukan diarahkan pada kuat lekat. Percobaan kuat tarik lolos baja tulangan ini dilakukan dengan tujuan mengetahui kuat lekat baja tulangan dengan karet. Dengan mengetahui kuat lekat karet dengan baja tulangan selanjutnya akan dapat diketahui kemampuan kedua bahan tersebut dalam memikul beban yang diberikan sehingga kemungkinan pemanfaatan karet bertulangan sebagai elemen struktur tertentu dapat diselidiki lebih jauh lagi

II. TINJAUAN PUSTAKA

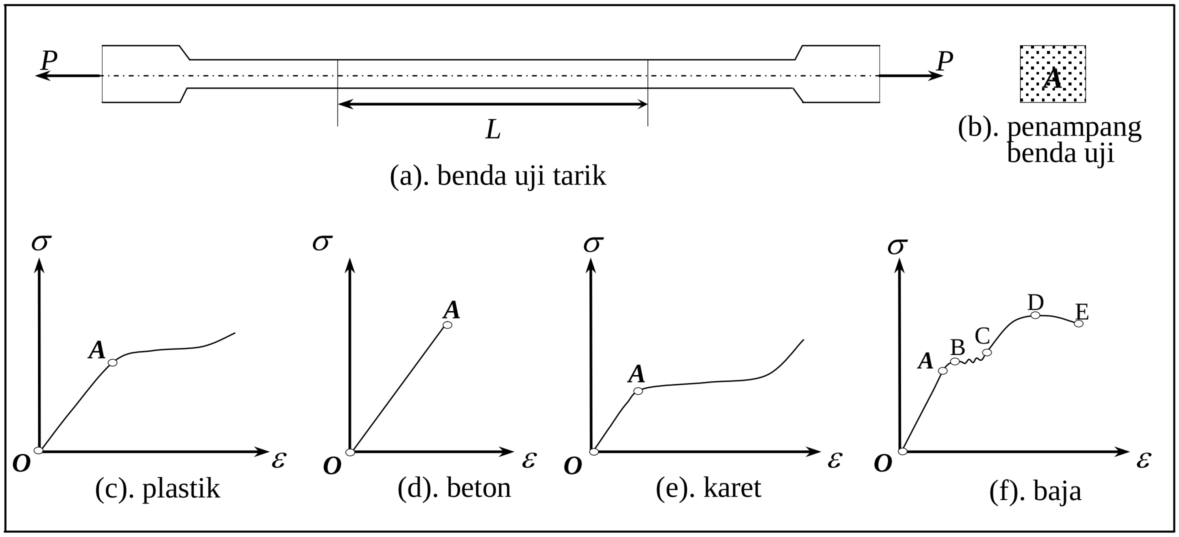
2.1. Modulus Elastisitas

Intensitas gaya persatuan luas penampang didefinisikan sebagai tegangan (*stress*). Untuk kasus gaya aksial sentris, diberikan oleh persamaan :

$$\sigma = \frac{P}{A} \qquad \text{.....} \qquad (2.1)$$

Perpanjangan relatif, yaitu pertambahan panjang per satuan panjang awal (L), didefinisikan sebagai regangan (*strain*) normal dan diberikan oleh persamaan :

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \qquad \text{.. (2.2)}$$



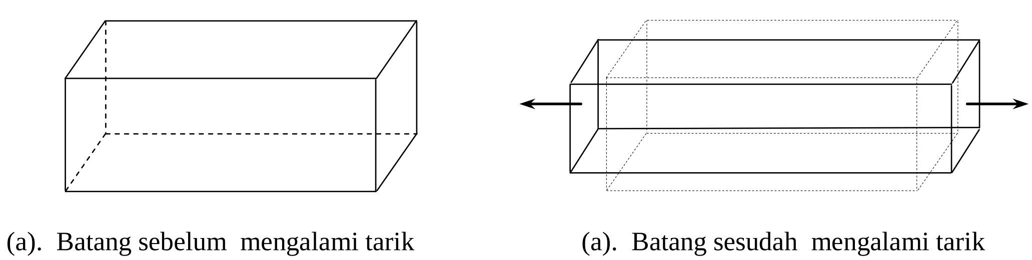
Gambar 2.1. Kurva tegangan-regangan beberapa jenis bahan (*Sumber : Harianja, Binsar, 1997*)

Dari titik *O* sampai dengan titik *A* pada kurva tegangan-regangan pada Gambar 2.1 di atas terdapat hubungan yang linier atau proporsional antara σ dan regangan ε yang diberikan oleh Hukum Hooke sebagai :

$$\sigma = E\,\varepsilon \qquad \text{.. (2.3)}$$

2.2. Rasio *Poisson*

Perubahan bentuk ditunjukkan pada Gambar 2.2. Gambar 2.2.(a) menunjukkan benda yang belum menerima pembebaban dan (b) menunjukkan setelah pembebanan dan garis putus-putus menunjukkan bentuk batang sebelum mengalami pembebanan.



Gambar 2.2. Perpanjangan aksial dan kontraksi lateral batang yang mengalami tarik

Rasio regangan lateral ε' terhadap regangan aksial ε dikenal sebagai *rasio Poisson* dan ditulis :

$$\upsilon = \frac{\text{lateral strain}}{\text{axial strain}} = \frac{\varepsilon'}{\varepsilon} \qquad \ldots\ldots (2.4)$$

yang juga dapat ditulis :

$$\varepsilon' = -\upsilon\varepsilon \qquad \ldots\ldots (2.5)$$

Perubahan volume satuan *e* didefinisikan sebagai perubahan volume dibagi dengan volume semula dan dapat dituliskan dalam persamaan :

$$e = \frac{\Delta V}{Vo} = \varepsilon(1-2\upsilon) = \frac{\sigma}{E}(1-2\upsilon) \qquad \ldots\ldots (2.6)$$

2.3. Panjang Penyaluran

Apabila bagian balok AB pada Gambar 2.1.a dipandang sebagai sebuah badan bebas (*freebody*) seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1. b, maka gaya tarik yang bekerja pada B, besarnya dapat dinyatakan oleh persamaan :

$$F_T = \frac{f_s(\pi {d_b}^2)}{4} \qquad \ldots\ldots (2.7)$$

Apabila μ adalah tegangan lekat rata-rata pada luas permukaan nominal $\pi d_b L_1$, maka :

$$\mu = \pi d_b L_1 = f_s \pi \frac{{d_b}^2}{4} \qquad \ldots\ldots (2.8.a)$$

atau :

$$\mu = \frac{f_s d_b}{4 L_1} \qquad \ldots\ldots (2.8.b)$$

sehingga panjang penyaluran yang diperlukan untuk f_s yang diberikan akan menjadi :

$$L_1 = \frac{f_s}{4\mu} d_b \qquad \ldots\ldots (2.9)$$

dengan L_1 = panjang penyaluran (mm), f_s = tegangan baja pada beban kerja (MPa), u = teganga lekat antara baja tulangan dengan karet (MPa), dan d_b = diameter nominal baja tulangan (mm).

Berdasar hal ini, selanjutnya panjang penyaluran minimum dapat dirumuskan (Wang C.K dan Salmon, C.Q., 1994) dalam persamaan berikut :

$$L_{db} = \frac{d_b f_y}{4\ \mu_u} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.10)$$

dengan L_{db} = panjang penyaluran dasar (mm), f_y = tegangan leleh baja tulangan (MPa, dan μ_u = kuat lekat antara baja tulangan dengan beton (MPa). Nilai-nilai untuk panjang penyaluran dasar L_{db} untuk tulangan tarik adalah tergantug diameter tulangan, mutu beton, dan mutu baja untuk baja tulangan ulir (*deform*) ≤ 36 mm dihitung menggunakan persamaan (SNI-92 Pasal 3.5.2) berikut :

$$L_{db} = 0{,}02\ A_b \frac{f_y}{\sqrt{f_c^{'}}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.11)$$

dengan $f_c^{'}$ = Kuat tekan beton (Mpa) dan A_b = Luas penampang baja tulangan (mm^2)

2.4. Kuat Lekat

Gaya maksimum yang dapat ditahan oleh batang tulangan baja sama dengan luas penampang batang kali kekuatan tarik baja. Agar tercapai keseimbangan, maka kedua gaya tersebut besarnya harus sama di arah yang berlawanan dan fakta ini dapat dituliskan dalam bentuk persamaan berikut :

$$L_d\ (\pi d_b)\ f_b = (\pi {d_b}^2)\ f_y \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.12)$$

dengan L_d = panjang penyaluran (mm), d_b = diameter nominal baja tulang.an (mm^2), f_y = tegangan leleh baja (MPa), dan f_b = kuat lekat beton (MPa). Kuat lekat atau tegangan lekat antara baja tulangan dengan beton dapat dituliskan dalam persamaan :

$$\sigma_{lk} = \frac{P}{2\pi r h} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (2.13)$$

dengan σ_{lk} = kuat lekat (MPa), P = beban pada sesar tertentu (N), dan $2\pi r h$ = luas selimut baja tulangan yang tertanam (mm2).

III. LANDASAN TEORI DAN HIPOTESIS

3.1. Landasan Teori

Nilai tegangan lekat yang besar sangat diperlukan pada struktur beton bertulang sehingga perencanaan yang didasarkan pada kekuatan tegangan leleh f_y tulangan di dalam beton dapat tercapai.

Parameter kuat lekat antara karet dengan baja tulangan akan menjadi dasar yang penting dalam menguji gaya-gaya dalam yang terjadi apabila dilakukan pembebanan. Dengan demikian, kemungkinan karet bertulangan baja struktur dimanfaatkan sebagai elemen penyusun struktur secara khusus untuk struktur yang menuntut kemampuan akan deformasi yang besar akan sangat menguntungkan.

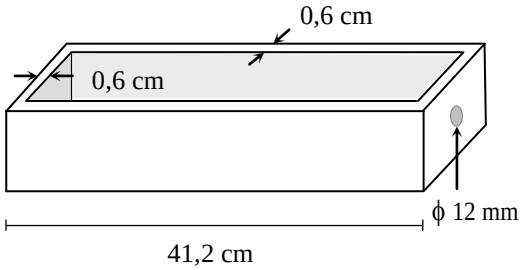
Hipotesis

Apabila karet pabrikasi dapat dibuat dengan kualitas tertentu, maka jika saat pencetakan di dalamnya ditanam baja tulangan struktur akan terdapat aksi bersama antara karet dengan baja tulangan dalam memikul gaya yang bekerja. Dengan demikian akan terdapat pula kuat lekat tertentu antara karet dan baja tulangan dan selanjutnya menjadi penentu kemampuan bersama dalam memikul beban.

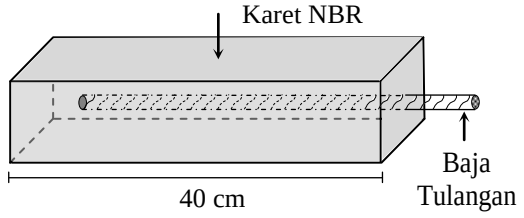
IV. METODOLOGI PENELITIAN

4.1. Pembuatan benda uji

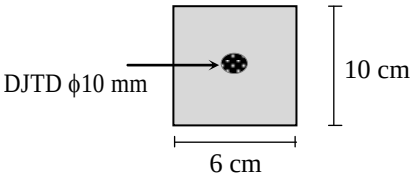
Benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berbentuk balok dengan dimensi penampang 6 cm × 10 cm dan panjang 40 cm. Cetakan dirancang yang terbuat dari plat baja dengan ketebalan 0,6 cm dengan panjang cetakan disesuaikan dengan panjang maskimal alat press yang tersedia di BBPKKP Yogyakarta. Ketebalan plat baja untuk cetakan juga harus cukup agar tidak mengalami deformasi pada saat pencetakan dalam kondisi panas dan tekanan yang besar. Baja tulangan ulir dengan diameter 10 mm ditanam dalam karet pada saat pencetakan karet sepanjang 38 cm.



(a). Cetakan benda uji



(b). Karet NBR dengan baja tulangan



(c). Dimensi penampang benda uji

Gambar 4.1. Benda uji

Banyaknya sampel karet bertulang dibuat 3 buah dan semua batang baja tulangan yang ditanam berbentuk lurus tanpa pembengkokan pada bagian ujungnya. Cetakan dan karet dengan baja tulangan yang tertanam dapat dilihat pada Gambar 4.1.(a) dan (b). Rancangan kompon karet dengan variasi bahan dasar *pale crepe* dan bahan-bahan dibuat dengan komposisi seperti dicantumkan dalam Tabel 4.1 sesuai dengan *ACSI*.

Tabel 4.1. Formula kompon karet

No	Bahan	PHR	Gram
1	Pale crepe	100	306,9
2	ZNO	5	15,3
3	Asam stearat	1,5	4,6
4	PBN	2	6,1
5	Paraffin wax	1	3,1
6	HAF black	50	153,5
7	SRF black	20	61,4
8	MBTS	2	8,2
9	Sulfur	3	9,2
10	Coumarone indene resin	1	3,1
11	Minarex oil	10	30,7
Total			**602,1**

4.2. Pelaksanaan pengujian tarik lolos

Baja tulangan yang ditanam dalam karet ditarik dengan gaya tertentu menggunakan alat uji tarik. Beban tarik dimulai dari nol kemudian dinaikkan perlahan-lahan hingga mencapai beban maksimum. Pergeseran tulangan dari karet pengikat di sekitar selimut tulangan diukur menggunakan *dialgauge*

4.3. Data dan Analisis Data Hasil Pengujian

Berdasar hasil uji kuat lekat antara baja tulangan dengan karet, maka panjang penyaluran minimumn untuk baja tulangan *deform* (BJTD) dapat dihitung. Hitungan didasarkan pada persamaan yang diadopsi dari panjang penyaluran pada struktur beton bertulang.

Apabila μ adalah tegangan lekat rata-rata pada sesar 0,25 mm yaitu tegangan lekat rata-rata yang diijinkan pada luas permukaan nominal $\pi d_b L$, maka panjang penyaluran yang diperlukan untuk f_s akan dapat juga dihitung.

Selanjutnya, kuat lekat μ yang merupakan tegangan nominal di ambang keruntuhan sehingga tegangan leleh minimum harus sama dengan kuat tarik leleh baja yang bersangkutan dijadikan dasar menentukan panjang penyaluran minimum atau panjang penyaluran dasar yang dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.9).

Nilai-nilai untuk panjang penyaluran dasar L_{db} untuk tulangan tarik adalah tergantug diameter tulangan, mutu beton, dan mutu baja. SNI-91 mensyaratkan untuk baja tulangan ulir dengan diameter ≤ 36 mm dihitung menggunakan Persamaan (2.11).

V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1. Hasil Pemeriksaan Benda Uji

Pengujian tarik terhadap karet dilakukan di laboratorium Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada Yogyakarta dengan dimensi panjang 80 mm dan penampang 10 mm × 10 mm. Modulus elastisitas karet benda uji diperoleh sebesar 5,506 kgf/mm^2 atau 5,506 kg/0,01 cm^2 = 550,6 kg/cm^2 = 55,06 MPa. Beban maksimum pada saat karet putus adalah 96,52 kgf dengan tegangan maksimum sebesar 0,97 kgf/mm^2 = 0,97 kg/0,01 cm^2 = 97 kg/cm^2. Data hasil pengujian tarik karet selengkapnya tercantum dalam lampiran.

Pemeriksaan mutu baja dilakukan di Universitas Atma Jaya Yogyakarta. Hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa baja tulangan yang dipakai dan ditanaman dalam karet dapat digolongkan sebagai BJTD 24 sesuai dengan SII. 0136 – 80 atau U-24 sesuai PBI – 1971. Dengan demikian tegangan leleh (f_y) adalah 2400 kg/cm^2 atau 240 MPa dengan modulus elastisitas E sebesar 200.000 MPa. Hasil lengkap lengkap pengujian material baja tulangan yang digunakan pada pengujian ini terdapat pada lampiran.

5.2. Kuat Lekat

Dengan mengambil data hasil pengujian pada benda uji A pada sesar sebesar 0,25 mm (dengan analogi yang mengacu pada ketentuan ASTM C-234-91 terhadap material beton) diperoleh :

Beban P = 440 kg, panjang baja tulangan yang tertanam = 38 cm = 380 mm, luas selimut baja tulangan yang tertanam :

$$A = 2\pi r h$$

$$= 2 \times 3{,}14 \times 5 \times 380 = 11932 \text{ mm}^2 = 119{,}32 \text{ cm}^2$$

Kuat lekat atau tegangan lekat :

$$\sigma_{lk} = \frac{P}{2\pi r h} = \frac{440}{119,32} = 3,688 \text{ kg/cm}^2 = 0,3688 \text{ MPa.}$$

Hasil pengujian dan hasil analisis kuat lekat antara baja tulangan dengan karet slengkapnya dicantumkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1. Hasil uji kuat lekat tulangan dengan karet

Kode benda uji	**Beban pada sesar 0,25 mm (P) (kg)**	**Beban masks (P_{maks}) (kg)**	**Selisih beban P dan P_{maks}**	**Kuat lekat benda uji MPa**
A	440	1460	1020	0,3688
B	400	1380	980	0,3352
C	410	1400	990	0,3436
Σ	1250	4240	2990	1,0476
Rerata	**416,667**	**1413,333**	**996,667**	**0,3492**

5.3. Panjang Penyaluran

Apabila μ adalah tegangan lekat rata-rata pada sesar 0,25 mm yaitu tegangan lekat rata-rata yang diijinkan pada luas permukaan nominal $\pi d_b L$, maka :

$$f_s = \frac{P}{\pi r^2} = \frac{416,667}{3,14 \times 0,5^2} = 530 \text{ kg/cm}^2$$

$$\mu = \frac{f_s d_b}{4 L_1} = \frac{f_s \times 10}{4 \times 38} = \frac{530 \times 1}{152} =$$

$$= \frac{530}{152} = 3,4868 \text{ kg/cm}^2$$

Sehingga panjang penyaluran yang diperlukan untuk f_s yang diberikan, menjadi :

$$L = \frac{f_s}{4\mu} d_b = \frac{530 \times 1}{4 \times 3,4868} = 38 \text{ cm.}$$

yaitu sama dengan panjang baja tulangan yang ditanam dalam karet.

Panjang penyaluran minimum atau panjang penyaluran dasar akan dapat dihitung menggunakan Persamaan (2.4) sebagai berikut :

$$L_{d\,b} = \frac{d_b f_y}{4\ \mu_u} = \frac{10 \times 240}{4 \times 0,3492} = \frac{2400}{1,3968} = 1718,21 \text{ mm}$$

Dari hasil perhitungan di atas tampak bahwa panjang penanaman baja tulangan BJTD dengan diameter 10 mm yang dibutuhkan untuk tercapainya tegangan leleh bersamaan dengan terjadinya sesar sebesar 0,25 mm adalah 1718,21 mm atau 171,821 cm.

Hasil pengujian tekan dan deformasi yang terjadi ai arah vertikal (*y*) dan horizontal (*x*) benda uji dicantumkan dalam tabel berikut.

Tabel 5.2. Hasil pengujian *Poisson ratio* benda uji karet dimensi 5 cm × 5 cm × 5 cm.

Beban (kg)	**Deformasi (cm)**				***Poisson Ratio***		**Rata-rata**
	Benda Uji 1		**Benda Uji 2**		**Benda Uji 1**	**Benda Uji 2**	
	x_1	y_1	x_2	y_2	υ_1	υ_2	$\bar{\upsilon}$
1000	0,24	0,70	0,26	0,70	0,342	0,371	0,3565
1250	0,40	1,02	0,44	1,12	0,392	0,393	0,3925
1500	0,68	1,56	0,71	1,59	0,436	0,446	0,4410
1750	0,90	1,90	0,93	1,92	0,474	0,484	0,4790
2000	1,14	2,10	1,21	2,11	0,543	0,573	0,5580

Pada pengujian tekan yang dilakukan pada karet berbentuk kubus dengan dimensi 5 cm × 5 cm × 5 cm. Jika beban tekan yang diberikan sebesar P = 2000 kg, maka terjadi deformasi di arah vertikal sebesar 2,10 cm dan di arah lateral 1,14 cm untuk benda uji 1 dan deformasi vertikal sebesar 2,11 cm dan di arah lateral sebesar 1,21 cm untuk benda uji 2 sehingga *Poisson ratio* adalah :

$$\upsilon_1 = \frac{\text{regangan lateral}}{\text{regangan aksial}} = \frac{e'}{e} = \frac{1{,}14/5}{2{,}10/5} = 0{,}543$$

$$\upsilon_2 = \frac{\text{regangan lateral}}{\text{regangan aksial}} = \frac{e'}{e} = \frac{1{,}21/5}{2{,}11/5} = 0{,}573$$

Jika diasumsikan kuat tekan karet berada tepat di bawah limit atas teoritis *Poisson ratio* sebesar 0,5 sebagaimana dikemukaan oleh Thimoshenko dan Gere, maka pada pembebanan P = 1750 kg akan diperoleh kuat tekan karet sebesar :

$$f_r = \frac{1750\,\text{kg}}{5\,\text{cm} \times 5\,\text{cm}} = 70\ \text{kg/cm}^2$$

Dengan diperolehnya nilai kuat tekan karet sebagaimana telah diuraikan di atas, selanjutnya dapat ditentukan panjang penyaluran dasar sesuai ketentuan SNI-91 dalam Persamaan (2.11) dengan terlebih dahulu mensubtitusi f_r ke $f_c^{'}$ sebagai berikut.

$$L_{d\,b} = 0{,}02\ A_b \frac{f_y}{\sqrt{f_r^{'}}} = 0{,}02 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 \times \frac{240}{\sqrt{7}} = 142{,}42\ \text{mm}$$

Faktor pengali *n* merupakan rasio antara panjang penyaluran dasar yang diperoleh menggunakan besaran tegangan lekat dengan panjang penyaluran menggunakan besaran kuat tekan karet sebagai berikut :

$$L_{d\,b} = \frac{d_b f_y}{4\ \mu_u} = \frac{10 \times 240}{4 \times 0{,}3492} = \frac{2400}{1{,}7182} = 1718{,}21\ \text{mm}$$

$$L_{d\,b} = 0{,}02\ A_b \frac{f_y}{\sqrt{f_r^{'}}} = 0{,}02 \times \frac{\pi}{4} \times 10^2 \times \frac{240}{\sqrt{7}} = 142{,}42\ \text{mm}$$

$$n = \frac{1718{,}21}{142{,}42} = 12{,}06$$

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1. Kesimpulan

Dari hasil analisis kuat lekat terhadap data pengujian kuat tarik lolos baja tulangan ulir yang dicor dalam karet dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut :

a. Berdasar hasil analisis data pengujian kuat tarik lolos diketahui bahwa baja tulangan ulir yang ditanam dalam karet memiliki kuat lekat sehingga terjadi aksi bersama dalam memikul beban yang diberikan.
b. Diperoleh kuat lekat rata-rata antara baja tulangan ulir diameter 10 mm dengan karet sebesar 0,3492 MPa.
c. Kuat lekat antara baja tulangan ulir dengan karet yang diperoleh berdasar pengujian masih jauh lebih kecil dengan kuat lekat antara tulangan dengan beton sesuai dengan persamaan yang mengacu pada SNI-91.
d. Apabila persamaan penjang penyaluran dalam SNI-91 akan digunakan, maka diperlukan faktor pengali *n* = 12,06.

6.2. Saran

Dari data pengujian dan analisis dilakukan tampak bahwa kuat lekat antara baja tulangan ulir dengan karet cetakan masih tergolong lemah. Hal ini juga tampak dengan besarnya koefisien pengali yang terhadap panjang penyaluran yang dibutuhkan apabila

mengacu pada persamaan yang terdapat pada SNI-91. Oleh sebab itu penulis menyarakankan :

a. Perlu dilakukan pengujian yang sama dengan menetapkan kuat tekan karet sebagai variabel yang akan diselidiki pengaruhnya terhadap kuat lekatnya baja tulangan, baik baja tulangan polos maupun ulir.
b. Perlu dilakukan pemeriksaan kekuatan karet dengan dengan melakukan modifikasi bahan susun karet atau dengan pemberian bahan tambah atau bahan pengganti sehingga diperoleh kuat tekan yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, 2010, *Karet Sintetis Untuk Kegunaan Khusus*, *http://*rollink. blogspot.com

Anonim, 1971., *Peraturan Beton Bertulang Indonesia, NI-2*, Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan, Dep. P.U. Bandung.

Anonim, 1991., *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung, (SNI-T-15-1991-03),* Dewan Standarisasi Nasional Indonesia, Jakarta.

Arizal, R., 2007., *Karet Alam dan Karet Sintetis*, Bahan Pelatihan *Indonesian Export Training Center*, BBPKKP Yogyakarta Tidak dipublikasikan.

Harianja,. Binsar, 1997, *Mekanika Bahan dan Pengantar Teori Elastisitas*, Erlangga, Ciracas, Jakarta.

Karmawan, .S. S., 1988, *Mekanika Bahan, penerbit Universitas Indonesia* (UI Press), Salemba, Jakarta.

Rahmawatidi, I, 2011., *Industri Karet dan Pengolahannya*, *http*://irizlovely.blogspot.com.

Surdia,.T., dan Shinrokhu, S.,1984, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Tim Penulis PS., 2011., *Panduan Lengkap Karet,* Penebar Swadaya, Cimanggis, Depok.

Timoshenko dan Gere, 2000., *Mekanika Bahan*, Jilid 1 Ed 4, Erlangga, Ciracas, Jakarta.

Timoshenko dan Gere, 2000., *Mekanika Bahan*, Jilid 2 Ed 4, Erlangga, Ciracas, Jakarta.

Wang. C.K. dan Salmon, C.G., 1994, *Desain Beton Bertulang*, Erlangga, Ciracas, Jakarta.

W.C. Vis dan Kusuma, G., 1993., *Dasar-dasar Perencanaan Beton Bertulang Berdasarkan SK SNI T-15-1991-03,* Erlangga, Ciracas, Jakarta.