

## TEGANGAN LEKAT ANTARA BAJA DAN BETON MUTU TINGGI DENGAN VARIASI LUAS TULANGAN

Marchiano R. Sendow

Hieryco Manalip, Ellen J. Kumaat

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [marcoblackstrd30@gmail.com](mailto:marcoblackstrd30@gmail.com)

### ABSTRAK

*Sifat beton yang mempunyai ketahanan tarik rendah mengakibatkan beton harus diberikan perkuatan penulangan untuk menahan gaya tarik yang timbul. Salah satu hal yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama adalah faktor lekatan (adhesi) antara beton dan permukaan tulangan. Daya lekat (tegangan lekat) selain dipengaruhi oleh kualitas beton juga dipengaruhi oleh diameter tulangan. Mutu atau kualitas dari suatu beton ditentukan dari besarnya kuat tekan beton yang didapatkan.*

*Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi diameter tulangan terhadap daya lekat yang timbul antara tulangan dan beton. Benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 100x200 mm, berdasarkan metode pembuatan campuran beton ACI 211.1-91, didesain dengan kuat tekan rencana 60 MPa yang dikategorikan sebagai beton mutu tinggi.*

*Hasil penelitian untuk kuat tekan rencana 60 MPa didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 61,26 MPa. Pada pengujian kuat lekat dengan menggunakan variasi tulangan mulai dari D10 mm, D13 mm, D16 mm dan D19 mm didapatkan hasil tegangan lekat ( $\mu$ ) rata-rata sebesar 8,6 MPa, 10,3 MPa, 11,4 MPa dan 13,6 MPa.*

**Kata kunci :** Beton, Tulangan Baja, Kuat Tekan, Tegangan Lekat

### PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Beton dapat didefinisikan sebagai bahan bangunan dan konstruksi yang sifat-sifatnya dapat ditentukan terlebih dahulu dengan mengadakan perencanaan dan pengawasan yang teliti terhadap bahan-bahan yang dipilih. Beton adalah campuran dari agregat halus (pasir) dan agregat kasar (kerikil, batu pecah atau jenis agregat lain) dengan semen, yang dipersatukan oleh air dalam perbandingan tertentu. Bahan yang terbentuk ini mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah.

Oleh karena itu, beton yang tidak dapat menahan gaya tarik melebihi nilai tertentu ini harus diberikan perkuatan penulangan yang terutama akan mengemban tugas menahan gaya tarik yang timbul di dalam sistem. Hampir semua konstruksi beton bertulang direncanakan dengan anggapan bahwa beton sama sekali tidak memikul gaya tarik. Tulanganlah yang memikul gaya tarik tersebut, yang dipindahkan oleh pelekatan antara bidang singgung dari beton dan tulangan.

Salah satu hal yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama adalah faktor lekatan (adhesi) antara beton dan permukaan

tulangan. Apabila pelekatan itu tidak mencukupi, maka bidang singgung akan tergelincir (slip) di dalam beton sehingga mengakibatkan keruntuhan struktur tak bisa dihindari.

Daya lekat (tegangan lekat) akan dipengaruhi oleh kualitas dari beton itu sendiri. Mutu atau kualitas dari suatu beton ditentukan dari besarnya kuat tekan beton yang didapatkan. Untuk itu, akan dilakukan. Penelitian, pembahasan lebih lanjut tentang Tegangan Lekat Antara Baja Dan Beton Mutu Tinggi Dengan Variasi Luas Tulangan.

#### Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dirumuskan masalah “Bagaimana pengaruh variasi tulangan terhadap daya lekat antara baja dan beton mutu tinggi”.

#### Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tegangan lekat yang terjadi antara baja tulangan dan beton mutu tinggi dengan variasi tulangan

#### Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dengan memberikan informasi tentang

pengaruh variasi tulangan terhadap tegangan lekat antara tulangan dan beton mutu tinggi.

**Pembatasan Masalah**

1. Bahan pembentuk beton sebagai berikut:
  - a. Semen Portland (semen jenis I menurut *PUBI – 1982*)
  - b. Agregat halus yang dipakai yaitu pasir dari Watulinei
  - c. Agregat kasar yang dipakai yaitu kerikil dari Kemah-Lansot (ukuran agregat 1/2”)
  - d. Air yang digunakan adalah air yang tersedia di Laboraturium Beton, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi
  - e. Bahan kimia pembantu, Sikamen LN, (tipe *water reducer & accelerator*).
2. Benda uji yang dipakai adalah silinder (100 x 200) mm.
3. Tulangan yang dipakai BJTD 40
4. Variasi Tulangan yang dipakai D 10, 13, 16, 19 mm.
5. Mutu beton yang dipakai 60 MPa
6. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan.
7. Pengujian dilakukan saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji setiap tulangan 4 buah.
8. Jenis percobaan untuk menentukan kuat lekatan yaitu Pengujian Tekan.
9. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboraturium Struktur dan Material, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
10. Penelitian ini dilakukan hanya untuk mengetahui pengaruh variasi tulangan terhadap tegangan lekat antara baja dan beton mutu tinggi.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Pengertian Beton**

Mulyono (2003) menyatakan bahwa beton merupakan fungsi dari bahan penyusunnya yang terdiri dari bahan semen hidrolik (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air, dan bahan tambah (*admixture* atau *additive*).

**Faktor Air Semen**

Faktor air semen adalah perbandingan antara berat air dan berat semen seperti pada persamaan dibawah ini :

$$FAS = \frac{W_w}{W_c} \tag{1}$$

Dimana :  $W_w$  = Berat air  
 $W_c$  = Berat semen

Semakin kecil nilai faktor air semen maka akan mengakibatkan nilai kuat tekan yang semakin tinggi.

**Berat Volume Beton**

Berat volume beton adalah perbandingan antara berat beton terhadap volumenya.

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \tag{2}$$

Dimana:  $\gamma_c$  = Berat Volume Beton ( $kg/m^3$ )  
 $W$  = Berat Benda Uji (kg)  
 $V$  = Volume Beton ( $m^3$ )

Tabel 1. Klasifikasi Beton Berdasarkan Berat Volume menurut American Concrete Institute (ACI)

KLASIFIKASI	BERAT VOLUME BETON ( $Kg/m^3$ )
Beton ultra ringan	300 – 1100
Beton ringan	1100 – 1600
Beton ringan struktural	1450 – 1900
Beton normal	2100 – 2550
Beton berat	2900 – 6100

Sumber: *Mindess dan Young, 1981*

**Pengertian Tegangan Lekat**

Park dan Paulay (1975) menyatakan, kekuatan lekatan merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja, tekanan beton kering terhadap tulangan akibat susut pengeringan pada beton, serta akibat saling bergeseknya permukaan baja dan beton disekitarnya, yang disebabkan oleh perpindahan mikro tulangan tarik, menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir. Efek ini disebut sebagai lekatan (*bond*). Tegangan lekat merupakan saling geser (*shear interlock*) antara elemen tulangan dan beton sekitarnya yang disebabkan oleh berbagai faktor.

Efek ini dapat dinyatakan sebagai tegangan geser per satuan luas permukaan tulangan. Tegangan langsung ini ditransformasikan dari beton ke permukaan tulangan sehingga mengubah tegangan tarik tulangan diseluruh panjangnya. Tulangan ulir dapat meningkatkan kekuatan lekatan yang disebabkan oleh terjadinya keterpautan (*interlocking*) antara tonjolan (*rib*) dengan beton di sekelilingnya

Kekuatan lekatan bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut (Nawy, 1998) :

1. Adhesi antara elemen beton dan tulangan baja.
2. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton disekitarnya.
3. Tahanan gesekan (*friksi*) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat tulangan mengalami tegangan tarik.
4. Kualitas beton yaitu kekuatan tarik dan tekannya.
5. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), panjang lewatan (*splicing*), bengkokan tulangan (*hooks*) dan persilangan tulangan.
6. Diameter, bentuk dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak.

#### Keruntuhan Lekatan (*Bond Stress Failure*)

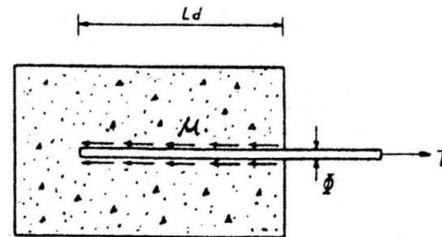
Keruntuhan lekatan antara baja tulangan dan beton yang mungkin terjadi pada saat dilakukan pengujian biasanya ditunjukkan oleh salah satu atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani, 2005) :

1. *Transverse Failure* yaitu adanya retak pada beton arah *transversal*/melintang akibat tegangan tarik yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja tulangan dan beton.
2. *Splitting Failure* yaitu adanya retak pada beton arah *longitudinal*/memanjang akibat tegangan radial geser yang tidak dapat ditahan oleh selimut beton, keruntuhan ini akan menurunkan tegangan lekat antara baja tulangan dan beton.
3. *Pull Out Failure/Slip* yaitu kondisi dimana baja tulangan tercabut dari beton tanpa mengalami retak yang diakibatkan komponen tegangan geser yang memecah lekatan antara baja tulangan dan beton.
4. Baja tulangan mencapai leleh yaitu apabila baja tulangan meleleh diikuti oleh kontraksi/pegecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan atau bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton.
5. Putusnya tulangan apabila penanamannya terlalu panjang.

#### Konsep Dasar Lekatan Penjangkaran

Berapapun jumlah luas tulangan yang disediakan, tulangan-tulangan akan terlepas keluar apabila tidak diangkerkan/dijangkarkan dengan memadai ke dalam beton. Untuk itu perlu penjangkaran sehingga gaya tarik yang timbul dapat ditahan oleh lekatan antara baja dan beton disekelilingnya. (Wang & Salmon, 1990).

Panjang penyaluran atau panjang penjangkaran adalah panjang minimal tulangan tertanam yang diperlukan untuk menahan gaya dari baja tulangan sampai kondisi tegangan mengalami kelelahan.



Gambar 1. Tegangan Lekat Penjangkaran Tarik

Gaya yang dapat ditahan oleh lekatan sepanjang panjang penjangkaran adalah ;

$$T = \mu . l_d . \pi . d_b \quad (3)$$

Dimana :

T : Gaya tarik yang terjadi (N)

$\mu$  : Tegangan lekat antara baja tulangan dan beton (MPa)

$l_d$  : Panjang penjangkaran (mm)

$d_b$  : Diameter tulangan (mm)

$\pi$  : Phi

Sehingga tegangan lekat rata-ratanya :

$$\mu = \frac{T}{l_d . \pi . d_b} \quad (4)$$

#### Beton Mutu Tinggi

Beton mutu tinggi merupakan sebuah tipe beton performa tinggi yang secara umum memiliki kuat tekan 60 MPa atau lebih. Ukuran kuat tekannya diperoleh dari silinder beton 150 mm – 300 mm atau silinder 100 mm – 200 mm pada umur 56 ataupun 90 hari, ataupun umur yang telah ditentukan tergantung pada aplikasi yang diinginkan.

#### Kekuatan Tekan Beton

Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi tingkat

kekuatan struktur yang dikehendaki, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan.

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tekan beton adalah:

$$f'c = \frac{P}{A} \quad (5)$$

Dimana :

$f'c$  = Kuat tekan beton (MPa)

P = Beban (N)

A = Luas penampang (mm<sup>2</sup>)

### Baja Tulangan

Baja tulangan dipasang di dalam cetakan sebelum beton dicor. Tegangan-tegangan yang terjadi pada baja, seperti juga tegangan yang terjadi pada beton yang telah mengeras, yaitu hanya disebabkan oleh beban yang bekerja pada struktur kecuali apabila terjadi kemungkinan timbulnya tegangan-tegangan sekunder seperti yang disebabkan oleh penyusutan atau sebab-sebab lainnya.

Di dalam setiap struktur beton bertulang, harus dapat diusahakan supaya tulangan baja dan beton dapat mengalami deformasi secara bersamaan, dengan maksud agar terdapat ikatan yang kuat di antara keduanya.

Jenis baja yang sering digunakan untuk bahan struktur bangunan sipil adalah baja karbon lunak (kandungan karbon 0,3-0,59%).

### Rencana Campuran Beton

Metode-metode campuran beton yang dapat dipakai sebagai acuan untuk mendesain campuran beton sesuai dengan mutu beton yang diinginkan, antara lain : (1) Minimum Voids Method, (2) Maximum Density Method, (3) Fineness Modulus Method, (4) British Mix Design (DOE) Method, (5) American Concrete Institute Method (ACI Method), dan (6) Indian Standard Method dan lain-lain.

Diperlukan pengalaman dan keterampilan eksperimental tentang sifat-sifat material pembentuk beton agar mendapatkan beton dengan mutu tinggi. Dalam penelitian ini dipakai campuran beton metode ACI 211.4R-08.

## METODOLOGI PENELITIAN

### Material Pembentuk Beton

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen portland tipe I, agregat halus pasir asal Watulinei, agregat kasar batu pecah

asal Kemah-Lansot, air dan baja tulangan ulir BJTD 40 D 10, 13, 16, 19 mm.

### Benda Uji, Perawatan, dan Metode Pengujian

Pencetakan benda uji silinder (100x200) mm dimana ada tulangan yang diangkerkan untuk pengujian tegangan lekat dan ada yang tidak memakai tulangan guna untuk pengujian kuat tekan.

Tabel 2. Ukuran dan Jumlah Benda Uji yang Dibuat

$f'c$ Rencana (MPa)	Cetakan					
	Tes Kuat Tekan			Tes Tekan Tegangan Lekat		
	Ukuran (cm)	Hari	Jumlah	Diameter besi (mm)	Hari	Jumlah
60	Silinder - 10/20	28	4	10	28	4
				13		
				16		
				19		

Semua benda uji dikeluarkan dari cetakannya setelah berumur satu hari serta dirawat dengan cara direndam dalam air hingga waktu pengujian dilakukan saat berumur 28 hari.

Untuk Pengujian kuat tekan dan kuat lekat digunakan “*Compression Testing Machine*”.

Adapun langkah-langkah penelitian tersebut di visualisasikan dalam diagram alir berikut :

### Diagram Alir Penelitian



**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Komposisi Akhir Campuran Beton**

Tabel 3 .Komposisi Akhir Campuran Beton

f <sub>c</sub> Rencana (Mpa)	f.a.s	Semen (kg/m <sup>3</sup> )	Air (kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Kasar (kg/m <sup>3</sup> )	Agregat Halus (kg/m <sup>3</sup> )	Sikamen LN
60	0,31	500	155	875,85	835,485	1,3 %

**Pemeriksaan Nilai Slump**

Dalam penelitian ini pengukuran slump dilakukan pada pengecoran benda uji. Nilai Slump yang didapat saat pengecoran adalah 80 mm.

**Tes Kuat Tekan Beton**

Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 part 115-116 pada umur 28 hari (Mulyono, 2003).

Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Kuat Tekan Beton Rata-Rata

f <sub>c</sub> Rencana (MPa)	No. Benda Uji	Berat (Kg)	Hasil Pengujian		f <sub>c</sub> Rata-rata (MPa)
			P (KN)	f <sub>ci</sub> (MPa)	
60	1	3,8	488,1	62,15	61,26
	2	3,77	492,2	62,67	
	3	3,81	471,7	60,06	
	4	3,79	472,5	60,16	

**Berat Volume Beton**

Tabel 5. Berat Volume Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

f <sub>c</sub> Rencana (MPa)	Sample	Uji Kuat Tekan		Diameter tulangan (mm)	Uji Kuat Lekat		
		Berat Benda Uji (Kg)	Berat Volume Beton (kg/m <sup>3</sup> )		Berat Tulangan Baja (Kg)	Berat Benda Uji dengan Tulangan Baja (Kg)	Berat Volume Beton (Kg/m <sup>3</sup> )
60	1	3,8	2419,155	10	0,055	3,84	2409,606
	2	3,77	2400,057	13	0,1015	3,88	2405,468
	3	3,81	2425,521	16	0,23	4	2400,057
	4	3,79	2412,789	19	0,34	4,1	2393,690

Berdasarkan tabel diatas dilihat bahwa berat volume beton pada benda uji kuat tekan pada 28 hari berada pada interval 2400,057-2425,521 kg/m<sup>3</sup> dan untuk benda uji kuat lekat berada pada interval 2393,690-2409.606 kg/m<sup>3</sup>.

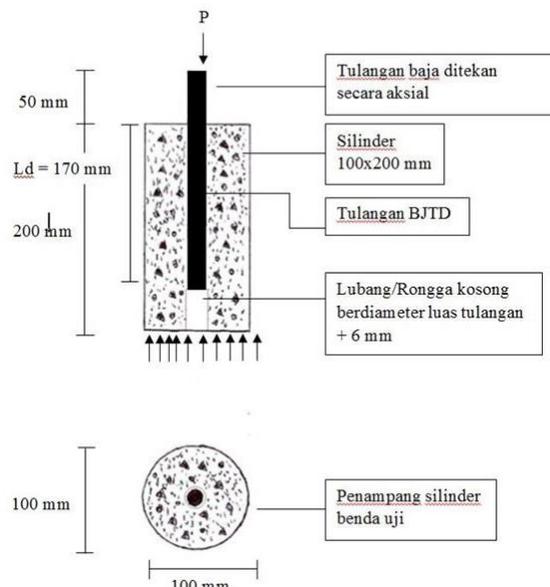
Dari Tabel 5. dapat dilihat bahwa berat volume beton berbeda-beda tiap diameter tulangan pada uji kuat lekat. Hal ini disebabkan karena faktor pemadatan. Beton yang baru dicor

harus langsung dipadatkan. Pemadatan dilakukan agar ruang kosong yang biasanya berupa gelembung udara yang tersekap didalam beton dan di sudut-sudut bekisting akan ditiadakan agar beton akan menempati seluruh isi bekisting dan sekelilingnya secara optimal. Pada pengecoran untuk uji kuat tekan pemadatan dilakukan dengan tongkat pemadat dengan diameter ±2 cm sedangkan pada pengecoran untuk uji kuat lekat dipakai tongkat pemadat dengan ukuran yang lebih kecil untuk mengantisipasi agar tulangan yang berada ditengah-tengah cetakan agar tidak bergeser. Faktor lain yang menyebabkan ketidakseragaman berat volume beton juga ialah diameter besi yang berbeda-beda.

**Tegangan Lekat**

Benda uji dimodifikasi dengan memakai 1 buah baja tulangan BJTD dengan diameter berbeda-beda yaitu D10 mm, D13 mm, D16 mm, D19 mm dengan panjang 220 mm saja yang ditanamkan ke dalam benda uji silinder 100x200 mm di permukaan bagian atas sedalam 170 mm pada bagian tengah benda uji.

Di permukaan bagian bawah benda uji diberi lubang dengan diameter 6 mm lebih besar dari diameter tulangan dengan kedalaman 30 mm pada bagian tengah benda uji. Lubang yang dibuat ini dimaksudkan sebagai ruangan kosong atau rongga kosong agar ketika tulangan diberi gaya atau ditekan dari atas secara aksial maka akan tergelincir ke dalam rongga kosong tanpa mengalami hambatan/tahanan dari arah bawah tulangan.



Gambar 2. Skema benda uji berbentuk silinder untuk pengujian tegangan lekat

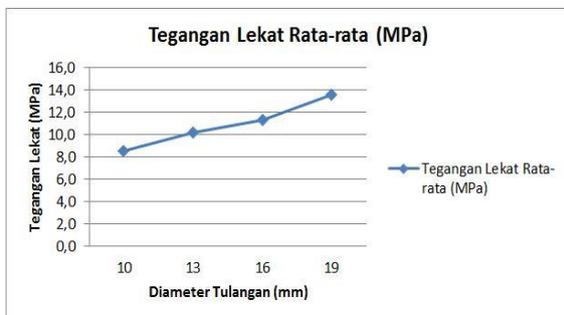
Setelah benda uji dimodifikasi, kemudian diuji menggunakan mesin uji kuat tekan sehingga akan didapat besarnya gaya tekan yang dibutuhkan ketika benda uji telah mengalami keruntuhan lekatan (*bond stress failure*).

Tabel 6. Tegangan Lekat untuk setiap diameter tulangan

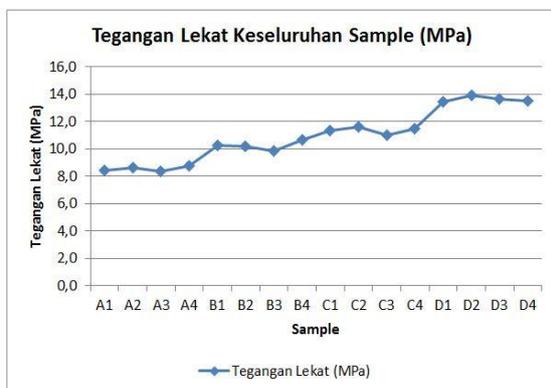
D (mm)	Sample	Gaya P (kN)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat (MPa)
10	A1	45,1	45100	8,4
10	A2	46,1	46100	8,6
10	A3	44,6	44600	8,4
10	A4	46,9	46900	8,8
13	B1	71,3	71300	10,3
13	B2	70,8	70800	10,2
13	B3	68,3	68300	9,8
13	B4	74,3	74300	10,7
16	C1	97,2	97200	11,4
16	C2	99,6	99600	11,7
16	C3	94	94000	11,0
16	C4	98,1	98100	11,5
19	D1	136,6	136600	13,5
19	D2	141,1	141100	13,9
19	D3	138,7	138700	13,7
19	D4	137,3	137300	13,5

Tabel 7. Tegangan Lekat rata-rata

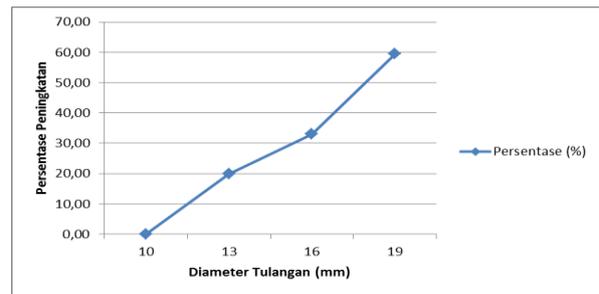
D (mm)	Sample	Gaya P (kN)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat (MPa)
10		45,675	45675	8,6
13		71,175	71175	10,3
16		97,225	97225	11,4
19		138,425	138425	13,6



Gambar 3. Grafik tegangan lekat rata-rata



Gambar 4. Grafik tegangan lekat keseluruhan sample



Gambar 5. Grafik persentase peningkatan daya lekat

Dari hasil pengujian dan pengolahan data didapatkan hasil tegangan lekat rata-rata untuk D10 mm yaitu 8,6 MPa, D13 mm yaitu 10,3 MPa, D16 mm yaitu 11,4, dan D19 mm yaitu 13,6 MPa. Pada D10 tegangan lekat yang paling kecil, sedangkan D19 mm tegangan lekat yang terjadi paling besar.

Berdasarkan pengujian di lab maka didapatkan nilai tegangan lekat yang ditunjukkan oleh tabel tersebut. Dapat dilihat bahwa pada grafik diatas tegangan lekat rata-rata serta tegangan lekat tiap sample, dan juga persentase peningkatan daya lekat dari D10-13 sebesar 19.87%, D10-16 sebesar 33.04%, dan D10-19 sebesar 59.51%.

## PENUTUP

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian dan analisis data yang telah dilakukan maka dapat ditarik beberapa kesimpulan, yaitu :

1. Hasil pengujian kuat tekan rata-rata yang didapat saat pengujian adalah 61,26 MPa
2. Nilai slump yang didapatkan saat pengecoran adalah 80 mm
3. Berat volume beton yang didapat untuk benda rata-rata antara 2393-2425 kg/m<sup>3</sup> yang digolongkan sebagai beton normal.
4. Daya lekat ( $\mu$ ) cenderung meningkat seiring dengan bertambah lebarnya diameter tulangan.
5. Persentase peningkatan daya lekat yang didapat adalah D10-13 sebesar 19.87%, D10-16 sebesar 33.04%, dan D10-19 sebesar 59.51%.

### Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan nilai daya lekat optimal
2. Perlu di adakan penelitian daya lekat dengan variasi kuat tekan beton.

### DAFTAR PUSTAKA

- ACI Committe 211.1-91. Reapproved 2002. *Standard Practice for Selecting Proportions for Normal, Heavyweight, and Mass Concrete*. American Concrete Institute. Detroit-Michigan. hal 1-24.
- ACI Committee 363. 1995. *State of The Art Report on High Strength Concrete (ACI 363R)*. American Concrete Institute. Detroit. Michigan. hal 3.
- American Society for Testing Material (ASTM). 1993. Annual Book of ASTM Standar Section 4, Vol. 04-02. *Concrete and Aggregates*. Philadelphia, USA. hal 20-23 (C39).
- Mindess S. & Young J. F. 1981. *Concrete*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. hal 157.
- Mulyono, Tri. 2003. *Teknologi Beton*. Andi. Jakarta. hal 3,9,138,140.
- Nawy, E.G. 1998. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan. Cetakan keempat. Refika Aditama. Bandung. hal 397-399.
- Nuryani TA. 2005. *Pengaruh Rasio Tulangan Pada Berbagai Mutu Beton Terhadap Penguatan Tarik Baja Tulangan Beton Bertulang (Tension Stiffening Effect)*. Tesis. Program Pascasarjana Universitas Diponegoro. Semarang. hal 12.
- Park, R & Paulay, T. 1975. *Reinforced Concrete Structure*. Department of Civil Engineering University of Canterburg. Christ-church. New Zealand. hal 394,396.
- Puslitbang pemukiman. 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Pusat penelitian dan pengembangan pemukiman. Bandung. hal 1,14-15,153.
- Sumajouw, M. D. J., Dapas, S. O., Windah, R. S., 2014. *Pengujian Kuat Tekan Beton Mutu Tinggi*, Jurnal Ilmiah Media Engineering, Vol. 4. No. 4. Universitas Sam Ratulangi Manado
- Tjokrodimulyo Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta. hal 2-3,55-57.
- Tumiwa Brian, H. Manalip, W. J. Tamboto, 2016. *Pemeriksaan Tegangan Lekat antara Baja dan Beton dengan Kuat Tekan Beton 40 MPa*, Jurnal Sipil Statik Vol.4 No 1. Universitas Sam Ratulangi Manado.
- Wang, C.K. & Salmon, C. 1990. *Disain Beton Bertulang*. Jilid 1. Erlangga. Jakarta. hal 1,11,197.

Halaman ini sengaja dikosongkan