

TEGANGAN LEKAT ANTARA BAJA DAN BETON DENGAN MUTU BETON 40-70 MPa

William Langi

Ellen J. Kumaat, Hieryco Manalip

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: willy_lan91@gmail.com

ABSTRAK

Beton 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. Salah satu hal yang menyebabkan tulangan dan beton dapat bekerja sama adalah faktor lekatan (adhesi) antara beton dan permukaan tulangan. 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. Oleh karena itu dilakukan penelitian untuk mendapatkan hubungan antara kuat tekan betondengan tegangan lekat antara baja dan beton.

Pada penelitian ini menggunakan benda uji berbentuk silinder dengan ukuran 100x200 mm. Dengan menggunakan metode pembuatan campuran beton ACI 211.1-91, didesain variasi kuat tekan rencana mulai dari 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa. Untuk mendapatkan nilai tegangan lekat antara tulangan baja dan beton, maka dilakukan pengujian kuat tekan dengan menggunakan 1 batang tulangan baja yang ditanamkan ditengah benda uji. Baja tulangan yang digunakan adalah BJTP D12 mm.

Dari hasil penelitian untuk kuat tekan rencana mulai dari 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 41.15 MPa, 54.42 MPa, 61.49 MPa, dan 73.25 MPa. Pada pengujian kuat lekat didapatkan hasil tegangan lekat (μ) rata-rata sebesar 2.5 MPa, 3.0 MPa, 3.0 MPa dan 4.2 MPa.

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

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Beton merupakan salah satu bahan bangunan yang pada saat ini banyak dipakai di Indonesia dalam pembangunan fisik. Penggunaan beton merupakan pilihan utama karena beton merupakan bahan dasar yang mudah dibentuk dengan harga yang relatif murah dibandingkan dengan bahan konstruksi lainnya.

Beton juga 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 dan agregat kasar (pasir, 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. 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 pemeriksaan tegangan lekat antara baja dan beton dengan mutu beton 40-70 MPa.

Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dirumuskan masalah “Bagaimana pengaruh mutu beton 40-70 MPa terhadap daya lekat antara baja dan beton”.

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hubungan, antara kuat tekan mutu beton 40-70 Mpa dengan tegangan lekat antara baja dan beton.

Manfaat Penelitian

Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi perkembangan teknologi beton, antara lain memberikan informasi tentang pengaruh mutu beton 40-70 MPa terhadap tegangan lekat antara baja dan beton.

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 Ratahan (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 BJTP D12mm.
4. Mutu beton yang dipakai 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa.
5. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan.
6. Pengujian dilakukan saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji setiap mutu beton 4 buah.
7. Jenis percobaan untuk menentukan kualitas lekatan yaitu Pengujian Tekan secara sentris.
8. Pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboraturium Struktur dan Material, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
9. Penelitian ini dilakukan hanya untuk mengetahui pengaruh mutu beton 40-70 MPa terhadap tegangan lekat antara baja dan beton.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Umum Beton

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

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: γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)
 W = Berat Benda Uji (kg)
 V = Volume Beton (m³)

Tabel 1. Klasifikasi Beton Berdasarkan BeratVolume 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

Beton Bertulang

Beton bertulang adalah merupakan gabungan logis dari dua jenis bahan: beton polos, yang memiliki kekuatan tekan yang tinggi akan tetapi kekutan tarik yang rendah, dan batangan-batangan baja yang ditanamkan didalam beton dapat memberikan kekuatan tarik yang diperlukan (Wang dan Salmon, 1990).

Baja Tulangan

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.

Baja karbon merupakan material yang daktil, artinya mampu mengalami deformasi besar tanpa mengalami keruntuhan.

Pengertian Tegangan Lekat

Menurut Park dan Paulay (1975), kekuatan lekatan merupakan hasil dari berbagai parameter, seperti adhesi antara beton dengan permukaan tulangan baja. Kemudian tekanan beton kering terhadap tulangan adalah akibat adanya susut pengeringan pada beton. Selain itu saling bergeseknya permukaan baja dan beton disekitarnya, yang disebabkan oleh perpindahan mikro tulangan tarik, menyebabkan peningkatan tahanan terhadap gelincir.

Efek total ini disebut sebagai lekatan (*bond*). Tegangan lekat terutama 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 (Park dan Paulay, 1975).

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

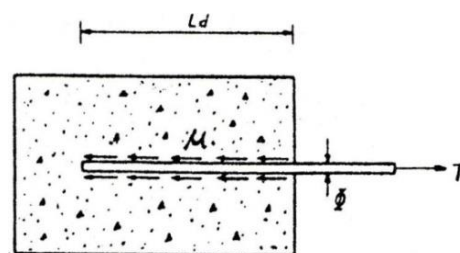
atau lebih dari peristiwa berikut ini (Nuryani, 2005):

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

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

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:

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

Dimana :

T : Gaya tarik yang terjadi (N)

μ : Tegangan lekat antara baja tulangan dan beton (MPa)

l_d : Panjang penjangkaran (mm)

d_b : Diameter tulangan (mm)

π : Phi

Sehingga tegangan lekat rata-ratanya :

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

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 (mm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Material dan Komposisi Campuran Beton

Material-material yang digunakan dalam studi ini adalah semen portland tipe I, agregat halus pasir asal Ratahan, agregat kasar batu pecah asal Kemah, air dan baja tulangan polos BJTP 40 D 12 mm. Komposisi campuran beton dengan memakai metode *ACI 211.1-91* diberikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Akhir Campuran Beton

f_c Rencana (MPa)	f.a.s	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)	Sikament LN (%)
40	0.50	400.000	200.000	879.418	799.650	-
50	0.38	463.158	176.000	875.854	812.620	0.8
60	0.31	500.000	155.000	875.854	835.485	1.3
70	0.30	500.000	150.000	875.854	847.773	1.7

Benda Uji, Perawatan, dan Metode Pengujian

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

Tabel 3. Ukuran dan Jumlah Benda Uji yang Dibuat

f_c Rencana (MPa)	Cetakan					
	Tes Kuat Tekan			Tes Tekan Tegangan Lekat		
	Ukuran (cm)	Hari	Jumlah	Ukuran (cm)	Hari	Jumlah
40	Silinder - 10/20	28	4	Silinder - 10/20	28	4
50	Silinder - 10/20	28	4	Silinder - 10/20	28	4
60	Silinder - 10/20	28	4	Silinder - 10/20	28	4
70	Silinder - 10/20	28	4	Silinder - 10/20	28	4

Semua benda uji dikeluarkan dari cetakannya setelah berumur satu hari serta dirawat dengan cara dibungkus dengan karung basah hingga waktu pengujian dilakukan saat berumur 28 hari.

Untuk pengujian digunakan “*Compression Testing Machine*”.

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

Diagram Alir Penelitian



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemeriksaan Nilai Slump

Tabel 4. Nilai Slump untuk Setiap Mutu Beton

f'c Rencana (MPa)	Nilai Slump (mm)
40	75
50	95
60	80
70	80

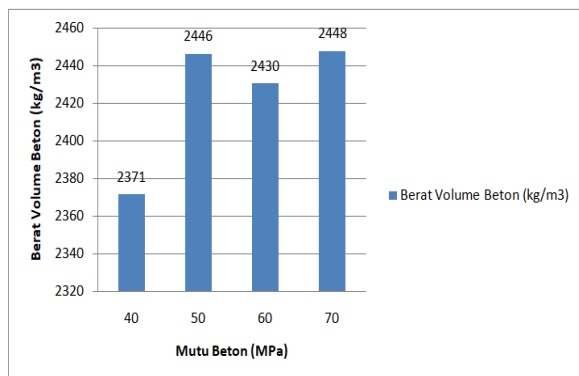
Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai slump aktual yang terjadi pada campuran beton bervariasi diantara 75-95 mm.

Berat Volume Beton

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

Mutu Beton (MPa)	Uji Kuat Tekan	
	Berat Benda Uji (Kg)	Berat Volume Beton (kg/m ³)
40	3.73	2371
50	3.84	2446
60	3.82	2430
70	3.85	2448

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa, berat volume beton pada umur 28 hari berada pada interval 2371 – 2448 kg/m³. Berdasarkan klasifikasi menurut ACI, jenis beton dalam penelitian ini termasuk pada jenis beton berbobot normal.



Gambar 2. Hubungan Antara Berat Volume Beton Pada Uji Kuat Tekan dengan f'c Rencana

Tes Kuat Tekan Beton

Penentuan kekuatan tekan dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji tekan dan benda uji berbentuk silinder dengan prosedur uji ASTM C-

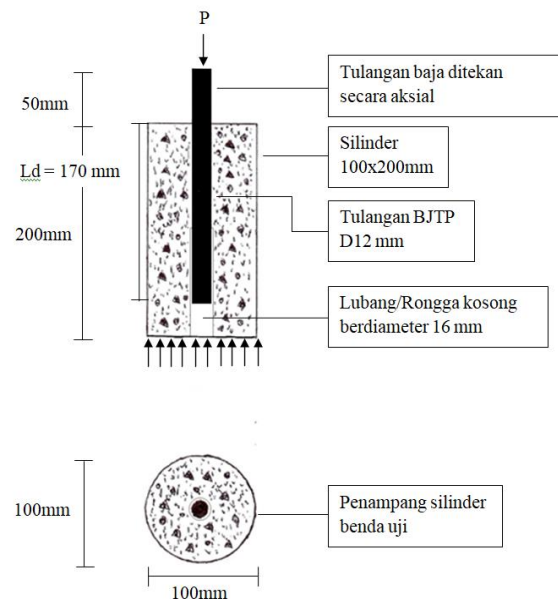
39 atau kubus dengan prosedur BS-1881 part 115-116 pada umur 28 hari (Mulyono, 2003:9).

Hasil dari pengujian kuat tekan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Kuat Tekan Beton Rata-Rata

f'c Rencana (MPa)	No. Benda Uji	Berat (Kg)	Hasil Pengujian		f'c Rata-rata (MPa)
			P (KN)	f'ci (MPa)	
40	A1	3.72	313.4	39.90	41.15
	A2	3.74	315.7	40.20	
	A3	3.73	327.7	41.72	
	A4	3.71	336	42.78	
50	B1	3.86	419.8	53.45	54.42
	B2	3.84	420.9	53.59	
	B3	3.83	429.2	54.65	
	B4	3.84	439.6	55.97	
60	C1	3.82	470.5	59.91	61.49
	C2	3.8	474.4	60.40	
	C3	3.82	477.7	60.82	
	C4	3.83	509.3	64.85	
70	D1	3.85	572.4	72.88	73.25
	D2	3.83	572.5	72.89	
	D3	3.85	574.4	73.13	
	D4	3.85	581.9	74.09	

Tegangan Lekat Antara Baja Tulangan dan Beton



Gambar 3. Skema Benda Uji Berbentuk Silinder Untuk Pengujian Tegangan Lekat

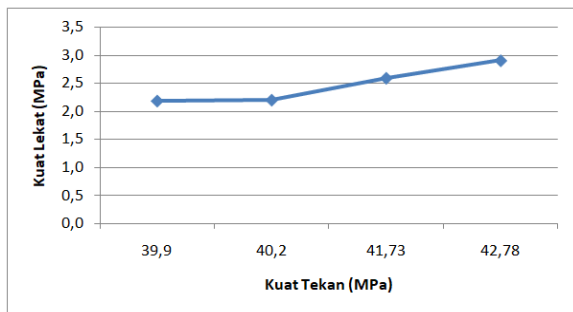
Benda uji dimodifikasi dengan memakai 1 buah baja tulangan BJTP D12 mm dengan panjang 220 mm saja yang ditanamkan ke dalam benda uji silinder 100x200 mm di permukaan bagian atas sedalam 170 mm pada bagian tengah benda uji. Di permukaan bagian bawah benda uji diberi lubang dengan diameter 16 mm dengan 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. 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*).

Hasil pengujian yang didapatkan adalah sebagai berikut :

Tabel 7. Tegangan Lekat dan Kuat Tekan f'c 40 MPa

Gaya P (kN)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
14	14000	2.2	39.9
14.10	14100	2.2	40.2
16.60	16600	2.6	41.73
18.60	18600	2.9	42.78



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Tegangan Lekat dan Kuat Tekan f'c 40 MPa

Tabel 8. Tegangan Lekat dan Kuat Tekan f'c 50 MPa

Gaya P (kN)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
17.7	17700	2.8	53.45
18.00	18000	2.8	53.59
20.90	20900	3.3	54.65
21.00	21000	3.3	55.97

Tabel 9. Tegangan Lekat dan Kuat Tekan f'c 60 MPa

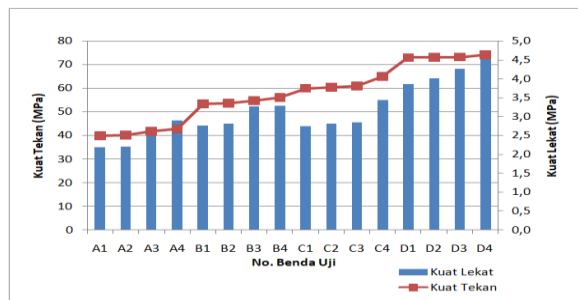
Gaya P (kN)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
17.6	17600	2.7	59.91
18.00	18000	2.8	60.4
18.20	18200	2.8	60.82
22.00	22000	3.4	64.85

Tabel 10. Tegangan Lekat dan Kuat Tekan f'c 70 Mpa

Gaya P (kN)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
24.7	24700	3.9	72.88
25.70	25700	4.0	72.9
27.30	27300	4.3	73.14
30.20	30200	4.7	74.09

Tabel 11. Kuat Tekan dan Tegangan Lekat f'c 40 MPa - f'c 70 Mpa

f'c Rencana (MPa)	No. Benda Uji	Tegangan Lekat (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
40	A1	2.2	39.90
	A2	2.2	40.20
	A3	2.6	41.73
	A4	2.9	42.78
50	B1	2.8	53.45
	B2	2.8	53.59
	B3	3.3	54.65
	B4	3.3	55.97
60	C1	2.7	59.91
	C2	2.8	60.40
	C3	2.8	60.82
	C4	3.4	64.85
70	D1	3.9	72.88
	D2	4.0	72.90
	D3	4.3	73.14
	D4	4.7	74.09

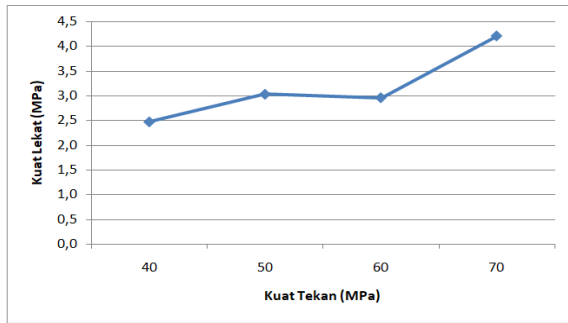


Gambar 5. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Tegangan Lekat f'c 40 MPa - f'c 70 MPa

Berdasarkan grafik di atas didapatkan bahwa beton mempunyai kekuatan tekan yang tinggi, dan ketahanan terhadap tarik rendah. Bagian beton yang menahan gaya tarik akan diperkuat atau digantikan oleh baja tulangan. Baja tulangan berfungsi untuk meningkatkan daktilitas, sehingga kapasitas beton untuk mendukung beban menjadi meningkat. Jadi semakin tinggi mutu beton kuat lekat tulangannya juga semakin tinggi. Hubungan gaya cabut dengan perpanjangan tulangan linear sampai batas tertentu dan setelah itu tidak linear lagi. Kegagalan benda uji kuat lekat yang terjadi karena luluhnya tulangan.

Tabel 12. Kuat Tekan dan Tegangan Lekat Rata Rata f'c 40 MPa - f'c 70 Mpa

f'c Rencana (MPa)	Tegangan Lekat (MPa)	Kuat Tekan (MPa)
40	2.5	41.15
50	3.0	54.42
60	3.0	61.50
70	4.2	73.25

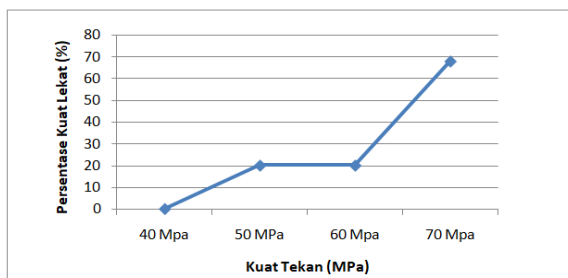


Gambar 6. Grafik Hubungan Antara Kuat Tekan dan Tegangan Lekat Rata-Rata $f'c$ 40 MPa - $f'c$ 70 MPa

Berdasarkan pengujian benda uji yang telah dimodifikasi maka didapatkan nilai tegangan lekat yang sebenarnya seperti yang ditunjukkan oleh tabel tersebut. Nilai tegangan lekat yang sebenarnya ini diperkuat dengan terjadinya keruntuhan lekatan (*bond stress failure*) pada benda uji. Yaitu terjadinya retak beton arah melintang (*transverse failure*) dan retak beton arah memanjang (*splitting failure*) pada benda uji. Hal ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat tekan (f_c) maka tegangan lekat (μ) antara tulangan baja dan beton semakin besar.

Tabel 13. Persentase Peningkatan Kuat Tekan dan Tegangan Lekat $f'c$ 40 MPa – $f'c$ 70 MPa

$f'c$ Rencana (Mpa)	Tegangan Lekat (MPa)	Peningkatan	Persentase (%)	Kuat Tekan (Mpa)	Peningkatan	Persentase (%)
40	2,5	0	0	41,15	0	0
50	3	0,5	20	54,42	13,27	32,25
60	3	0,5	20	61,5	20,35	49,45
70	4,2	1,7	68	73,25	32,10	78,01



Gambar 7. Grafik Persentase Peningkatan Kuat Tekan dan Tegangan Lekat $f'c$ 40 MPa – $f'c$ 70 MPa

Berdasarkan tabel 13 maka didapatkan persentase peningkatan kuat tekan yaitu dari 40

MPa sebesar 0%, 50 MPa sebesar 32,25%, 60 MPa sebesar 49,45%, dan 70 MPa sebesar 78,01%. Dan tegangan lekat yaitu dari 40 MPa sebesar 0%, 50 MPa sebesar 20%, 60 MPa sebesar 20%, dan 70 MPa sebesar 68%.

PENUTUP

Kesimpulan

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

1. Berat volume beton yang didapat rata-rata antara 2371–2448 kg/m³ yang bisa digolongkan sebagai beton normal.
2. Hasil pengujian kuat tekan rencana ($f'c$) 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa yaitu berturut-turut sebesar 41.15 MPa, 54.42 MPa, 61.49 MPa, dan 73.25 MPa.
3. Dari pengujian tegangan lekat 40 MPa, 50 MPa, 60 MPa, dan 70 MPa didapatkan hasil yaitu sebesar 2.5 MPa, 3.0 MPa, 3.0 MPa, dan 4.2 MPa.
4. Tegangan lekat (μ) yang paling besar terjadi pada benda uji dengan kuat tekan 70 MPa sedangkan Tegangan lekat (μ) yang paling kecil terjadi pada benda uji dengan kuat tekan 40 MPa.
5. Persentase peningkatan tegangan lekat maksimum dan persentase peningkatan kuat tekan maksimum terjadi pada 70 MPa.
6. Semakin tinggi kuat tekan (f_c) maka tegangan lekat (μ) antara tulangan baja dan beton semakin besar.

Saran

1. Perencanaan untuk pengujian tegangan lekat haruslah memperhatikan panjang penanaman tulangan, ukuran tulangan, dan jenis tulangan.
2. Perlu diadakan penelitian tegangan lekat dengan memvariasikan diameter tulangan.
3. Perlu diadakannya alat uji tegangan lekat.
4. Harus memperhatikan cara pemadatan yang dilakukan agar pasta semen benar-benar melekat pada luas permukaan tulangan.

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.
- Annual Book of ASTM Standarts 1993. 1994. *Concrete and Agregate (volume 04.02)*. American Society for Testing Material.
- Mindess S. & Young J. F. 1981. *Concrete*. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs. hal 157.
- Mulyono, Tri. 2005. *Teknologi Beton*. Andi. Jakarta.
- Nawy, E.G. 2010. *Beton Bertulang – Suatu Pendekatan Dasar*. Terjemahan. Cetakan keempat. Refika Aditama. Bandung.
- 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.
- Puslitbangpemukiman, 1982. *Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia (PUBI-1982)*. Pusat penelitian dan pengembangan pemukiman. Bandung.
- 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
- 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.