

PEMERIKSAAN TEGANGAN LEKAT ANTARA BAJA DAN BETON DENGAN KUAT TEKAN BETON 40 MPa

Brian Tumiwa

Hieryco Manalip, Winny J. Tamboto

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: brian.tumiwa@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 beton 40 MPa dengan 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 kuat tekan rencana 40 MPa. Untuk mendapatkan nilai tegangan lekat antara tulangan baja dan beton, maka dilakukan pengujian tarik pencabutan keluar (pull-out test). Baja tulangan yang digunakan adalah BJTS D16 mm.

Dari hasil penelitian untuk kuat tekan rencana 40 MPa didapatkan kuat tekan rata-rata sebesar 41.32 MPa. Terjadi keruntuhan tarik beton pada pengujian pull-out test. Untuk itu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui nilai tegangan lekat yang sesungguhnya dengan memodifikasi per model benda uji dengan hanya memakai 1 buah tulangan baja saja yang ditanamkan ke dalam benda uji silinder. Kemudian diuji menggunakan mesin uji kuat tekan. Maka pada kuat tekan beton ($f'c$) 40 MPa didapat tegangan lekat (μ) sebesar 15.3 MPa dan tegangan tarik beton (fct) sebesar 3.96 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.

Kombinasi tulangan baja dan beton dimungkinkan karena adanya beberapa sifat yang baik di dalam kerjasama baja dan beton. Sifat yang terpenting ialah beton dan baja mempunyai daya lekat yang cukup besar.

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 kuat tekan beton 40 MPa.

Rumusan Masalah

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

Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan hubungan antara kuat tekan beton 40 MPa dengan tegangan lekat antara baja dan beton.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dengan memberikan informasi tentang pengaruh kuat tekan beton 40 MPa terhadap tegangan lekat antara baja dan beton.

Pembatasan Masalah

1. Bahan pembentuk beton sebagai berikut:
 - a. Semen Portland
 - b. Agregat halus yang dipakai yaitu pasir dari Girian
 - c. Agregat kasar yang dipakai yaitu kerikil dari Tateli
 - d. Air yang digunakan adalah air yang tersedia di Laboraturium Beton, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi
2. Benda uji yang dipakai adalah silinder (100 x 200) mm.
3. Tulangan yang dipakai BJTS D16.
4. Kuat tekan rencana yang dipakai adalah 40 MPa.
5. Pengaruh suhu, udara, dan faktor lain diabaikan.
6. Pengujian dilakukan saat beton berumur 28 hari dengan jumlah benda uji 4 buah.
7. Jenis percobaan untuk menentukan kualitas lekatan yaitu Test Tarik Pencabutan Keluar (Pull-out) secara sentris.
8. Tidak diperhitungkan konsentrasi-konsentrasi tegangan yang timbul akibat pemodelan benda uji, dengan asumsi bahwa tegangan fs yang terjadi pada tulangan merupakan akibat tarikan

langsung T dan merata sepanjang penanaman tulangan Ld.

9. Pelaksanaan penelitian dilakukan di di Laboraturium Struktur dan Material, Fakultas Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi.
10. Penelitian ini dilakukan hanya untuk mengetahui pengaruh kuat tekan beton 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, 2003:3).

Faktor Air Semen

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

$$FAS = \frac{W_w}{W_c} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana : Ww = Berat air

Wc = 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..

$$\gamma_c = \frac{W}{V} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana: γ_c = Berat Volume Beton (kg/m³)

W = Berat Benda Uji (kg)

V = Volume Beton (m³)

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 S. dan Young J. F., 1981:157

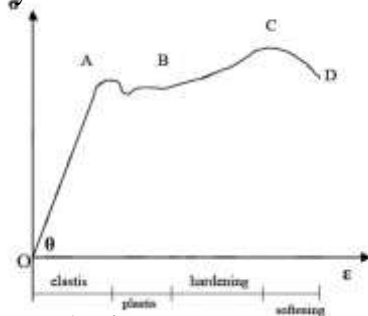
Beton Bertulang

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, 1990:1).

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.



Gambar 1. Diagram Tegangan Regangan Hasil Uji Tarik Baja

Baja karbon merupakan material yang daktail, artinya mampu mengalami deformasi besar tanpa mengalami keruntuhan. Sifat daktail baja dapat diketahui dari diagram tegangan-regangan (*stress-strain*) dari hasil uji tarik maksimal seperti Gambar 1 diatas.

Pengertian Tegangan Lekat

Menurut Park dan Paulay (1975:394), 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, 1975:396).

Kekuatan lekatan bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut (Nawy, 1998:398) :

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 TA, 2005:12) :

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

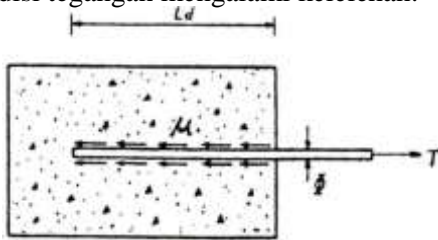
kontraksi/pegecilan diameter tulangan, hal ini mengakibatkan tidak berfungsinya lekatan terhadap beton yang mengelilinginya, sehingga akan menurunkan atau bahkan hilangnya daya lekatan antara baja tulangan dan beton.

- Putusnya tulangan apabila penanamannya terlalu panjang.

Konsep Dasar Lekatan Penjangkaran

Menurut Wang & Salmon (1990:197), bahwa berapapun jumlah luas tulangan yang disediakan, tulangan-tulangan akan terlepas keluar apabila tidak diankerkan/dijangkarakan 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 2. Tegangan Lekat Penjangkaran Tarik

Gaya yang dapat ditahan oleh lekatan sepanjang panjang penjangkaran adalah ;

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

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 :

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

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:

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

Dimana :

- $f'c$ = Kuat tekan beton (MPa)
- P = Beban (N)
- A = Luas penampang (mm^2)

Kuat Tarik Belah Beton

Kekuatan tarik beton relatif rendah, kira-kira 10%-15% dari kekuatan tekan beton, kadang-kadang 20%. Kekuatan ini lebih sukar untuk diukur dan hasilnya berbeda-beda dari satu bahan percobaan ke bahan percobaan yang lain dibandingkan untuk silinder-silinder tekan (Ferguson, 1986:11).

Rumus yang digunakan untuk perhitungan kuat tarik belah beton adalah:

$$f_{ct} = \frac{2P}{\pi \cdot d \cdot L} \dots\dots\dots(6)$$

Dimana :

- f_{ct} = kuat tarik belah (MPa)
- P = beban pada waktu belah (N)
- d = diameter benda uji silinder (mm)
- L = panjang benda uji silinder (mm)
- π = Phi

METODOLOGI PENELITIAN

Material dan Komposisi Campuran Beton

Material-material yang digunakan dalam studi ini adalah semen portland tipe I, agregat halus pasir asal Girian, agregat kasar batu pecah asal Tateli, air dan baja tulangan ulir BJTS U-40 D 16 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	Semen (kg/m ³)	Air (kg/m ³)	Agregat Kasar (kg/m ³)	Agregat Halus (kg/m ³)
40	0.42	488.095	200.179	792.802	681.608

Benda Uji, Perawatan, dan Metode Pengujian

Pencetakan benda uji silinder (100x200) mm dimana ada tulangan yang diangkerkan untuk pengujian tarik pencabutan keluar (*pull-out test*) dan ada yang tidak memakai tulangan guna untuk pengujian kuat tekan.

Tabel 3. Ukuran dan Jumlah Benda Uji Yang Dibuat

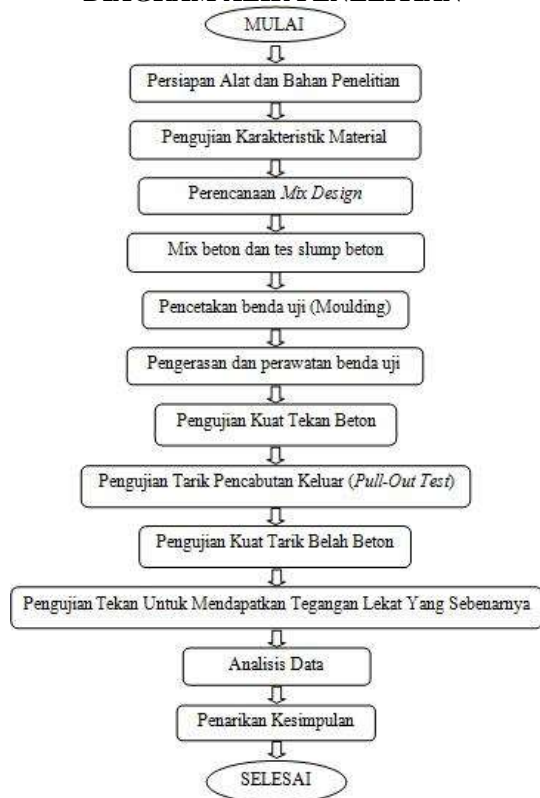
$f'c$ Rencana (MPa)	Cetakan					
	Tes Kuat Tekan			Tes Tarik Pencabutan Keluar (<i>Pull-Out Test</i>)		
	Ukuran (cm)	Hari	Jumlah	Ukuran (cm)	Hari	Jumlah
40	Silinder - 10/20	28	4	Silinder - 10/20	28	4

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 uji kuat tekan dan kuat tarik belah digunakan "Compression Testing Machine" sedangkan untuk pengujian kekuatan lekat antara baja tulangan dan beton dilakukan dengan cara "Pull-out test" pada "Universal Testing Machine".

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

DIAGRAM ALIR PENELITIAN



**HASIL DAN PEMBAHASAN
Pemeriksaan Kuat Tarik Baja**

Tabel 4. Pemeriksaan Kuat Tarik Baja

Spesimen	fy (MPa)
I	478
II	474
III	472
fy rata-rata (MPa)	475

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa kuat tarik baja memenuhi syarat dalam penggunaan baja tulangan ulir, yaitu

memenuhi fy minimum baja ulir sebesar 390 MPa (PUBI, 1982:153).

Pemeriksaan Nilai Slump

Tabel 5. Nilai Slump f'c Rencana 40 MPa

f'c Rencana (MPa)	Nilai Slump (mm)
40	150

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa nilai slump aktual yang terjadi pada campuran beton ialah 150 mm.

Berat Volume Beton

Tabel 6. Berat Volume Beton Rata-Rata Umur 28 Hari

f'c Rencana (MPa)	Uji Kuat Tekan		Uji Kuat Tarik Pencabutan Keluar (Pull-out Test)	
	Berat Benda Uji (Kg)	Berat Volume Beton (kg/m ³)	Berat Benda Uji + besi (Kg)	Berat Volume Beton (kg/m ³)
40	3,38	2149	3,77	2177

Berdasarkan tabel diatas dapat dilihat bahwa, berat volume beton pada umur 28 hari berada pada interval 2149 – 2177 kg/m³. Berdasarkan klasifikasi menurut ACI, jenis beton dalam penelitian ini termasuk pada jenis beton berbobot normal.

Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa berat volume beton berbeda pada uji kuat tekan dan pada uji kuat tarik pencabutan keluar (pull-out test). 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 diiadakan 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 tarik pencabutan keluar (pull-out test) dipakai tongkat pemadat dengan ukuran yang lebih kecil untuk mengantisipasi agar tulangan yang berada ditengah-tengah cetakan agar tidak bergeser.

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 7.

Tabel 7. 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	1	3.36	327.5	41.70	41.32
	2	3.39	321.9	40.99	
	3	3.36	329	41.89	
	4	3.39	319.8	40.72	

Tes Tarik Pencabutan Keluar (*Pull-Out Test*)

Setelah melakukan pengujian tes tarik pencabutan keluar (*pull-out test*) dengan alat UTM (*Universal Testing Machine*) pada benda uji beton yang berumur 28 hari maka diperoleh data beban tarik yang terjadi dan berdasarkan *Persamaan (4)* dapat dihitung nilai tegangan tarik pencabutan keluar seperti terlihat pada Tabel 8 berikut ini.

Tabel 8. Tegangan Tarik Pencabutan Keluar (*Pull-Out*) Rata-Rata

f _c (MPa)	Δl (mm)	T (N)	L _o (mm)	n _{dl} L _{dl} (mm ²)	ε	μ (MPa)
40	0.002	32295	215	10458.362	1.636E-05	3.088

Ternyata saat pengujian tarik pencabutan keluar (*pull-out test*) tidak terjadi keruntuhan pada bidang geser antara beton dan baja tulangan yang ditanamkan, ditandai dengan tidak adanya salah satu atau lebih dari syarat-syarat keruntuhan lekatan (*bond stress failure*). Pada saat pengujian tarik pencabutan keluar (*pull-out test*) ketika gaya tarik yang diberikan sudah maksimum, beton mengalami putus arah melintang di bagian tengah tanpa mengalami tanda-tanda runtuhnya lekatan. Sehingga nilai yang didapatkan pada pengujian tarik pencabutan keluar (*pull-out test*) bukan merupakan nilai tegangan lekat antara baja tulangan dan beton yang sesungguhnya.

Oleh karena itu maka akan dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui nilai tegangan lekat antara baja tulangan dan beton yang sesungguhnya dengan memodifikasi per model benda uji yang akan digunakan.

Percobaan Lanjutan (Tes Kuat Tarik Belah Beton & Tegangan Lekat Yang Sesungguhnya)

Pada percobaan sebelumnya didapati hasil bahwa nilai yang didapat bukan

merupakan nilai tegangan lekat antara baja tulangan dan beton yang sesungguhnya. Untuk itu, dilakukan percobaan lanjutan (tes kuat tarik belah beton & tegangan lekat) agar mendapat hasil yang benar.

Tes Kuat Tarik Belah Beton

Dari hasil pengujian kuat tarik belah beton pada benda uji silinder 100x200 mm maka didapatkan hasil seperti pada Tabel 9 berikut ini.

Tabel 9. Kuat Tarik Belah (f_c 40 MPa)

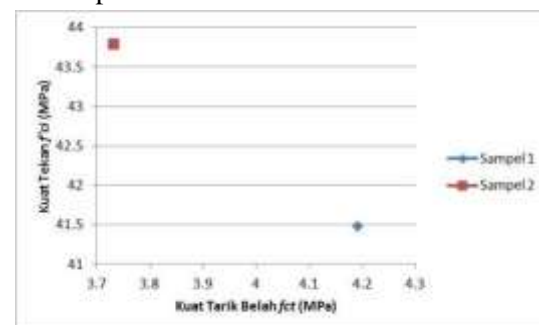
SAMPEL	P (N)	f _{ct} (MPa)
1	131600	4.19
2	117200	3.73
Rata-Rata	124400	3.96

Dari Tabel 9 diatas dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik beton untuk kuat tekan 40 MPa nilainya mendekati nilai tegangan tarik pencabutan keluar (*pull-out*) untuk kuat tekan 40 MPa pada Tabel 8. Sehingga bisa dikatakan bahwa semua nilai yang didapat pada tes tegangan tarik pencabutan keluar (*pull-out*) ternyata merupakan nilai tegangan putus beton dan bukan merupakan nilai tegangan lekat.

Tabel 10. Kuat Tekan & Kuat Tarik Belah (f_c 40 MPa)

Sampel	Kuat Tarik Belah f _{ct} (MPa)	Kuat Tekan f _{ci} (MPa)
1	4.19	41.49
2	3.73	43.79

Hubungan antara kuat tarik belah beton dan kuat tekan beton untuk f_c 40 MPa dapat dilihat pada Gambar 3.

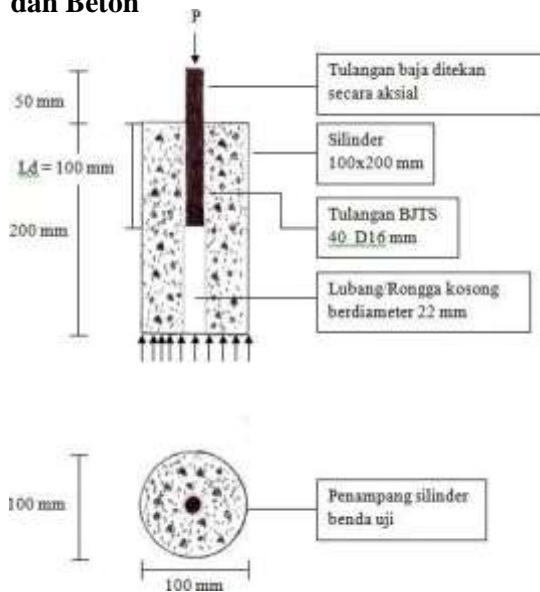


Gambar 3. Hubungan Antara Kuat Tarik Belah (f_{ct}) dan Kuat Tekan (f_{ci}) f_c 40 MPa

Dari gambar dapat dilihat bahwa saat kuat tekan beton (f_{ci}) 41.49 MPa maka

didapat kuat tarik beton (f_{ct}) sebesar 4.19 MPa dan saat kuat tekan beton (f'_{ci}) 43.79 MPa maka didapat kuat tarik beton (f_{ct}) sebesar 3.73 MPa. Hal ini menunjukkan bahwa ketika nilai kuat tekan semakin besar bukan berarti nilai kuat tarik belah juga akan meningkat. Begitu pula sebaliknya ketika nilai kuat tekan semakin kecil bisa saja nilai kuat tarik belah meningkat, tapi tidak menutup kemungkinan juga nilai kuat tarik belah akan menurun.

Tegangan Lekat Antara Baja Tulangan dan Beton



Gambar 4. Skema Benda Uji Berbentuk Silinder Untuk Pengujian Tegangan Lekat

Agar tegangan lekat yang benar bisa didapatkan maka dilakukan modifikasi benda uji dengan hanya memakai 1 buah baja tulangan BJTS D16 mm dengan panjang 150 mm saja yang ditanamkan ke dalam benda

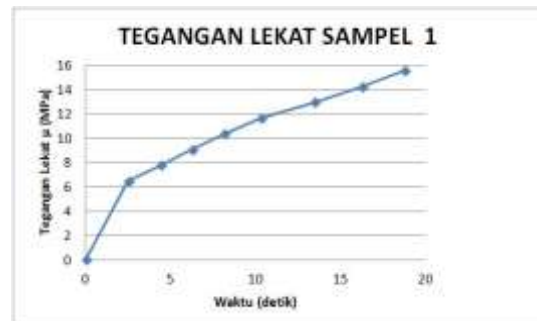
uji silinder 100x200 mm di permukaan bagian atas sedalam 100 mm pada bagian tengah benda uji. Di permukaan bagian bawah benda uji diberi lubang dengan diameter 22 mm dengan kedalaman 100 mm pada bagian tengah benda uji. Lubang yang dibuat ini dimaksudkan sebagai ruangan kosong atau rongga kosong agar 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 seperti yang diberikan pada Gambar 4 diatas.

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 11. Tegangan Lekat f'_{c} 40 MPa Sampel 1

Waktu (detik)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat μ (MPa)
0	0	0
2.50	33800	6.5
4.38	40600	7.8
6.25	47400	9.1
8.13	54100	10.3
10.31	60900	11.6
13.44	67700	12.9
16.25	74500	14.2
18.75	81300	15.5



Gambar 5. Grafik Tegangan Lekat f'_{c} 40 MPa Sampel 1

Tabel 12. Tegangan Lekat f'_{c} 40 MPa Sampel 2

Waktu (detik)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat μ (MPa)
0	0	0
2.50	32500	6.2
4.38	39000	7.5
6.25	45500	8.7
8.13	52000	9.9
11.25	58500	11.2
13.44	65000	12.4
16.88	78000	14.9



Gambar 6. Grafik Tegangan Lekat f'_{c} 40 MPa Sampel 2

Tabel 13. Tegangan Lekat $f'c$ 40 MPa Sampel 3

Waktu (detik)	Gaya P (N)	Tegangan Lekat μ (MPa)
0	0	0
1.88	26900	5.1
3.44	33600	6.4
4.38	40300	7.7
6.25	47000	9.0
8.13	53700	10.3
11.25	60400	11.6
13.44	67200	12.9
16.25	73900	14.1
19.06	80600	15.4



Gambar 7. Grafik Tegangan Lekat $f'c$ 40 MPa Sampel 3

Tabel 14. Tegangan Lekat Rata-Rata $f'c$ 40 MPa

Sampel	Gaya P (N)	Tegangan Lekat μ (MPa)
1	81300	15,5
2	78000	14,9
3	80600	15,4
Rata-Rata	79967	15,3

Berdasarkan pengujian benda uji yang telah dimodifikasi maka didapatkan nilai tegangan lekat yang sebenarnya seperti yang ditunjukkan oleh Tabel 14. 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 nilai tegangan lekat

antara tulangan baja dan beton (μ) pada kuat tekan beton ($f'c$) 40 MPa dengan menggunakan tulangan ulir D 16 mm, nilainya lebih besar daripada nilai tegangan putus/tarik beton (fct).

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 2149-2177 kg/m³ yang bisa digolongkan sebagai beton normal.
2. Hasil pengujian kuat tekan rencana ($f'c$) dan kuat tekan rata-rata ($f'cr$) adalah sebagai berikut :

Kuat Tekan Rencana $f'c$ (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata $f'cr$ (MPa)
40	41.32

3. Tegangan tarik beton (fct) sebesar 3.96 MPa pada beton dengan kuat tekan ($f'c$) 40 Mpa.

$f'c$ (MPa)	fct (MPa)
40	3.96

4. Tegangan lekat (μ) sebesar 15.3 MPa pada beton dengan kuat tekan ($f'c$) 40 Mpa.

$f'c$ (MPa)	μ (MPa)
40	15.3

5. Terjadi keruntuhan tarik beton pada pengujian *pull-out test*.

Saran

1. Perencanaan untuk pengujian tegangan lekat haruslah memperhatikan dimensi benda uji beton agar tidak terjadi pembelahan melintang beton.
2. Perlu diadakan penelitian tegangan lekat dengan memvariasikan diameter tulangan.
3. Perlu diadakan penelitian tegangan lekat dengan menggunakan bahan tambahan (admixture).

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).
- Anonim. *Peraturan Beton Bertulang Indonesia 1971 N.I-2*. 1979. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik, Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung. hal 23-24.
- Ferguson, P.M. 1986. *Dasar-Dasar Beton Bertulang*. Erlangga. Jakarta. hal 11,166.
- 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.
- Samekto W. & Rahmadiyanto C. 2001. *Teknologi Beton*. Kanisius. Yogyakarta. hal 43.
- Spiegel L. & Limbrunner G. F. 1991. *Desain Baja Struktural Terapan*. PT. Eresco. Bandung. hal 7.
- Tjokrodimulyo Kardiyono. 1996. *Teknologi Beton*. Biro Penerbit. Yogyakarta. hal 2-3,55-57.
- Wang, C.K. & Salmon, C. 1990. *Disain Beton Bertulang*. Jilid 1. Erlangga. Jakarta. hal 1,11,197.