

## **PENGARUH JUMLAH BAJA TULANGAN TERKUMPUL TERHADAP KUAT LEKAT ANTARA BETON DAN BAJA TULANGAN.**

Oleh :

Arief Septiono

Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

### **ABSTRAK**

Material beton telah banyak digunakan secara luas pada struktur-struktur bangunan. Alasan utama penggunaan material ini adalah karena beton mempunyai kuat tekan yang tinggi, bahan-bahan pembentuknya mudah didapat dan pembuatannya pun tidak memerlukan teknologi tinggi. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga pada umumnya penggunaan material beton pada struktur sering disertai dengan penambahan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi. Penambahan tulangan dimaksudkan untuk mengeliminasi kelemahan struktur beton tersebut. Karena itu struktur demikian disebut struktur beton bertulang. Suatu persyaratan dasar dalam konstruksi beton bertulang adalah adanya lekatan (*bond*) diantara tulangan dan beton sekelilingnya, ini berarti di bawah beban kerja tidak terjadi selip (*slip*) dari baja tulangan relatif terhadap beton sekeliling. Kadang sewaktu mendesain struktur beton bertulang, kita ingin menggunakan tulangan yang sangat banyak atau justru sangat sedikit. Jika tulangannya banyak, maka jarak antar tulangan menjadi sangat rapat, sebaliknya jika sedikit, maka jaraknya menjadi renggang. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat lekat antara beton dengan baja tulangan dan juga mengetahui pola rusak beton akibat kegagalan lekatan.

Pada penelitian ini menggunakan 12 buah. Benda uji di tanam baja tulangan ulir berdiameter 9.43 mm, ditanam pada kedalaman 150mm dengan jumlah tulangan yang tertanam 1 sampai 4 tulangan yang tertanam dalam beton tanpa menggunakan jarak antar tulangan. Jumlah benda uji untuk masing-masing tulangan terkumpul sebanyak tiga buah benda uji. Pengujian kuat lekat dilakukan dengan cara menempatkan benda uji pada alat UTM (Universal Testing Machine), batang tulangan yang tertanam pada beton ditarik sampai tercabut. Hasil pengujian yang berupa data beban lekat maksimum.

Dari hasil penelitian ini didapat kuat tekan rata-rata silinder beton 21.74 MPa dan tegangan leleh tulangan ulir rata-rata 419.05 MPa, kuat lekat rata-rata pengujian 1 tulangan sebesar 5.852 MPa, 2 tulangan nilai tegangan lekat sebesar 5.297 MPa, 3 Tulangan nilai tegangan lekat sebesar 5.485 MPa, 4 Tulangan nilai tegangan lekatnya sebesar 3.971 MPa. Beban lekat pengujian kuat lekat baja tulangan ulir terkumpul mempunyai nilai lebih besar namun tegangan yang terjadi kecil. Hal ini mengakibatkan kegagalan pada uji kuat lekat pada penelitian ini adalah berupa beton terlebih dahulu mengalami runtuh terlebih dahulu, sedangkan baja tulangan tetap utuh. Dan juga karena tegangan yang terjadi saat pengujian kuat lekat lebih kecil dari tegangan baja itu sendiri.

**Kata kunci :** kuat lekat, tulangan terkumpul.

### **ABSTRACT**

Concrete has been widely used materials are extensively on building structures . The main reason is the use of these materials as concrete has a high compressive strength , constituent materials easy to obtain and manufacture did not require high technology . Concrete has a low tensile strength , so that in general the use of concrete materials in structures is often accompanied by the addition of reinforcing steel that has high tensile strength . The addition of reinforcement is intended to eliminate the weaknesses of the concrete structure . Because of the structure of the concrete structure bertulang. Suatu so -called basic requirements in reinforced concrete construction is by juxtaposition ( bond) between the reinforcement and the surrounding concrete , this means that under the workload does not happen skid ( slip ) of reinforcing steel relative to the surrounding concrete . Sometimes when designing reinforced concrete structures , reinforcement we want to use very much or very little . If tulangannya much , then the distance between the reinforcement becomes very tight , otherwise if slight , then the distance becomes tenuous . Therefore this study aims to determine how much the value of the strong adhesion between the concrete with steel reinforcement and also determine the pattern of failure due to faulty concrete bonding .

In this study, using 12 pieces . The test specimen planting rebars 9.43 mm screw diameter , planted at a depth of 150mm with the amount of reinforcement embedded 1 to 4 tertanam reinforcement in concrete reinforcement spacing between nWithout use . The number of test specimens for each of the three pieces of reinforcing collected

specimen . Strong adhesion testing is done by placing the specimen on UTM appliance ( Universal Testing Machine ) , reinforcing rods in the concrete pulled up yang tertanam uprooted. The test results in the form of maximum load data closely.

From the results of this study obtained an average compressive strength of concrete cylinders 21.74 MPa and yield stress of reinforcing threaded median 419.05 MPa , strong adhesion test average 1 reinforcement of 5,852 MPa , 2 reinforcement value attached voltage decreased by 23.5 % from 1 reinforcement , 3 reinforcement adhesion tension value decreased by 42.5 % from 1 reinforcement , and 4 reinforcement adhesion tension value decreased by 57.6 % from 1 reinforcement . Strong adhesive sticky load testing of reinforcing steel threaded collected but has a value greater stress is small . This resulted in the failure of the adhesion strength test in this study is a first concrete experience prior to collapse . remains intact while the steel reinforcement . And also because the voltage that occurs when strong adhesion testing voltage is smaller than the steel itself.

Keywords : strong adhesion , reinforcement collected .

## PENDAHULUAN

Material beton telah banyak digunakan secara luas pada struktur-struktur bangunan. Alasan utama penggunaan material ini adalah karena beton mempunyai kuat tekan yang tinggi, bahan-bahan pembentuknya mudah didapat dan pembuatannya pun tidak memerlukan teknologi tinggi. Beton mempunyai kuat tarik yang rendah, sehingga pada umumnya penggunaan material beton pada struktur sering disertai dengan penambahan baja tulangan yang mempunyai kuat tarik tinggi. Penambahan tulangan dimaksudkan untuk mengeliminasi kelemahan struktur beton tersebut. Karena itu struktur demikian disebut struktur beton bertulang. Suatu persyaratan dasar dalam konstruksi beton bertulang adalah adanya lekatan (*bond*) diantara tulangan dan beton sekelilingnya, ini berarti di bawah beban kerja tidak terjadi selip (*slip*) dari baja tulangan relatif terhadap beton sekeliling. Kadang sewaktu mendesain struktur beton bertulang, kita ingin menggunakan tulangan yang sangat banyak atau justru sangat sedikit. Jika tulangannya banyak, maka jarak antar tulangan menjadi sangat rapat, sebaliknya jika sedikit, maka jaraknya menjadi renggang. Maka dari itu penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat lekat antara beton dengan baja tulangan dan juga mengetahui pola rusak beton akibat kegagalan lekatan.

Kadang sewaktu mendesain struktur beton bertulang, kita ingin menggunakan tulangan yang sangat banyak atau justru sangat sedikit. Jika tulangannya banyak, maka jarak antar tulangan menjadi sangat rapat, sebaliknya jika sedikit, maka jaraknya menjadi renggang. SNI-Beton-2002 sebenarnya sudah memberikan batasan jarak atau spasi antar tulangan baik itu untuk balok, kolom, pelat, maupun dinding. Batasan Spasi Tulangan menurut pasal 7.6 SNI-2847-2002

1. Jarak bersih antara tulangan sejajar dalam lapis yang sama tidak boleh kurang dari 25 mm.

2. Jika tulangan terdiri dari lebih dari satu lapis (baris), maka jarak bersih antar baris tulangan adalah 25 mm.
3. Untuk kolom, *boundary element* pada dinding geser, atau dinding yang mempunyai *confinement* (senggang pengikat), jarak bersih antar tulangan utamanya adalah minimal  $1,5 d_b$  atau 40 mm (mana yang terbesar).
4. Pada dinding dan pelat lantai, tulangan lentur utama jaraknya harus kurang dari 3x tebal pelat (dinding) atau 500 mm (mana yang terbesar).

Pembatasan jarak tulangan bersih antara tulangan dan persyaratan luas tulangan yang tinggi, menghendaki penggabungan di dalam beberapa batang yang sejajar dan di kelompokkan. Panjang penyaluran masing-masing batang tersebut, ditambah dengan 20% untuk bundle yang terdiri dari tiga batang tulangan dan 30% untuk bundle terdiri dari empat batang tulangan (SK.SNI 2002). Batang-batang tulangan yang saling bersinggungan yang digabungkan tidak lebih dari empat batang, dengan maksimum dua batang pada bidang yang sama. Batang tulangan yang lebih besar #11 tidak boleh digabungkan dalam balok dan balok induk, terutama untuk pengendalian retak. Bila persyaratan spasi dan penutup bersih minimum di dasarkan pada ukuran batang, satu kelompok tulangan harus diperlakukan sebagai tulangan tunggal dengan diameter ekuivalen yang diturunkan dari luas total tulangan gabungan.

Dalam penelitian ini dimaksudkan dapat mengetahui pengaruh kuat lekat dalam penambahan baja tulangan terkumpul yang tertanam dalam beton tanpa menggunakan jarak tulangan. Baja tulangan terkumpul biasanya ada pada sambungan antar kolom dan balok. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa besar nilai kuat lekat antara beton dengan baja tulangan dan juga mengetahui pola rusak beton dan baja tulangan akibat kegagalan lekatan.

Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian tentang

**“Pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dan baja tulangan”.**

### **Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan diatas, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

- a. Bagaimana pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dengan tulangan ditinjau dari beban lekat?
- b. Bagaimana pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dengan tulangan ditinjau dari tegangan baja tulangan?
- c. Bagaimana pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dengan tulangan ditinjau dari kuat lekat?

### **Tujuan Penelitian**

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini bertujuan untuk :

- a. Mengetahui pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dengan tulangan ditinjau dari beban lekat.
- b. Mengetahui pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dengan tulangan ditinjau dari tegangan baja tulangan.
- c. Mengetahui pengaruh jumlah baja tulangan terkumpul terhadap kuat lekat antara beton dengan tulangan ditinjau dari kuat lekat

### **Batasan Penelitian**

Batasan masalah dalam penelitian ini bertujuan untuk membatasi masalah yang akan dikaji sehingga tidak sampai keluar dari pokok masalah yang sedang dibahas. Batasan masalah dalam penelitian ini antara lain :

- a. Mutu beton yang dipakai dalam penelitian ini adalah  $f_c$  20 MPa
- b. Metode mix design beton yang digunakan adalah metode SNI
- c. Material yang digunakan adalah :
  - 1) Semen Gresik
  - 2) Pasir dan kerikil yang dibeli dari toko bangunan
  - 3) Air PDAM Unesa
- d. Benda uji yang digunakan sebagai bahan penelitian adalah berupa beton T.
- e. Menggunakan baja tulangan ulir D10 mm,

- f. Mutu baja sesuai yang ada di pasaran.
- g. Kedalaman tulangan 15 cm dan ujung tulangan di cor tanpa kait.
- h. Uji lekat dilaksanakan pada umur 28 hari.
- i. Pengujian tegangan lekat menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)*
- j. Jumlah benda uji 12 buah untuk pengujian kuat lekat dan 3 buah benda uji untuk pengujian kuat tekan beton.

### **Manfaat Penelitian**

- a. Memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya teknologi beton bertulang.
- b. Menambah pengetahuan tentang beton bertulang dalam struktur.
- c. Hasil penelitian dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan struktur beton bertulang agar lebih aman, ekonomis dan efisien.
- d. Mengetahui pengaruh variasi panjang penyaluran tulangan terhadap kuat lekat antara beton dan baja tulangan.

### **KAJIAN PUSTAKA**

#### **Pengertian Beton**

Beton (*concrete*) terbuat dari semen (*portland cement*), air, agregat (berupa batuan kasar dan halus) dalam proporsi perbandingan tertentu dengan ataupun tanpa bahan tambah yang membentuk masa padat (SK SNI T-15-1991-03). Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam campuran beton yaitu semen, agregat, air dan bahan tambahan (*Admixture*)

#### **Faktor-faktor yang Mempengaruhi Mutu Beton**

Berdasarkan Aman Subakti (1994) faktor-faktor yang mempengaruhi mutu beton antara lain :

1. Faktor Air Semen
2. Pemeliharaan / Perawatan
3. Gradasi Agregat
4. Kualitas Material Penyusunannya
5. Cara Pematatan
6. Cara dan Lama Pengadukan
7. Finishing
8. Umur Beton

#### **Sifat dan Karakteristik Beton**

##### **1. Sifat – sifat beton**

Sifat-sifat beton yang penting adalah kekuatan tekan, kekuatan tarik, susut dan rangkai, retak-retak plastis, daya penutupan retak-retak. Dari semua sifat tersebut yang terpenting adalah kekuatan tekan beton karena

merupakan gambaran dari mutu beton yang ada kaitannya dengan struktur beton.

**2. Karakteristik beton**

Karakteristik beton adalah mempunyai tegangan hancur tekan yang tinggi serta tegangan hancur tarik yang rendah.

**Kuat Tarik Belah Beton**

Kuat tarik belah ( $f_{ct}$ ) adalah kuat tarik beton yang ditentukan berdasarkan kuat tekan belah dari silinder beton yang ditekan pada sisi panjangnya (SK SNI-T-15-1991-03). Menurut Dipohusodo (1994: 10) nilai kuat tekan dan tarik belah beton tidak berbanding lurus, setiap usaha perbaikan mutu kekuatan tekan hanya disertai peningkatan kecil nilai kuat tariknya, karenanya kuat tarik belah beton yang tepat sulit untuk diukur. Suatu perkiraan kasar dapat dipakai, bahwa nilai kuat tarik belah beton normal hanya berkisar antara 9%-15% dari kuat tekannya.

**Baja Tulangan**

a. Pengertian Baja Tulangan

Baja merupakan perpaduan antara besi dengan karbon. Baja tulangan merupakan kerangka kontruksi beton bertulang, sebab baja pada batas tertentu mampu menahan desakan maupun tarikan dalam suatu struktur. (Triyono Budi, 2001).

Dalam Persyaratan Umum Bahan Bangunan di Indonesia, baja tulangan beton adalah baja berbentuk batang yang digunakan untuk penulangan beton dan sering disebut dengan besi beton (Triono Budi, 2001). Berdasarkan bentuknya baja tulangan terdiri dari :

- 1. Baja tulangan polos
- 2. Baja tulangan ulir

Baja beton dikodekan berurutan dengan: huruf BJ, TP dan TD,

- BJ berarti Baja
- TP berarti Tulangan Polos
- TD berarti Tulangan Deformasi (Ulir)

Dalam peraturan SKSNI.T.15-1990-03, ada dua mutu baja yang digunakan sesuai dengan persyaratan perancangan struktur beton, yaitu.

**Tabel 1. Tegangan leleh baja**

Mutu Baja	Fy (Mpa)	Fy (kg/cm <sup>2</sup> )
240	240	2400
400	400	4000

Agar batang tulangan dapat menyalurkan gaya sepenuhnya, baja harus tertanam dalam beton hingga kedalaman tertentu yang disebut

sebagai panjang penyaluran. Dasar utama teori panjang penyaluran adalah dengan memperhitungkan suatu baja tulangan yang ditanam di dalam masa beton.

**Kuat Lekat Antara Beton & Baja Tulangan**

Kuat lekat adalah kemampuan baja tulangan dan beton yang menyelimuti dalam menahan gaya-gaya dari luar ataupun faktor lain yang dapat menyebabkan lepasnya lekatan antara baja tulangan dan beton (Winter, 1993).

Berdasarkan SKSNI T15-1991-03 tegangan lekat dihitung dengan rumus :

$$P = l_d \cdot \pi \cdot d_b \cdot \sigma_{lk} \dots\dots\dots (2.1)$$

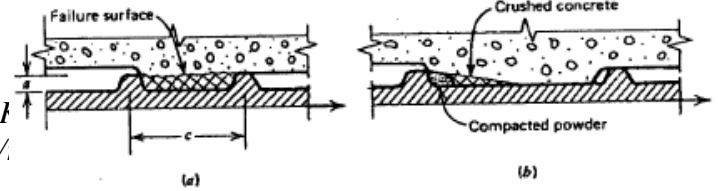
$$\sigma_{lk} = \frac{P}{l_d \cdot \pi \cdot d_b} \dots\dots\dots (2.2)$$

- Keterangan,  $P$  = Beban (N)  
 $l_d$  = Panjang penyaluran (mm)  
 $d_b$  = Diameter nominal (mm)  
 $\sigma_{lk}$  = Tegangan lekat (Mpa)

Menurut Nawy (1986) kuat lekatan antara baja tulangan dan beton yang bergantung pada faktor-faktor utama sebagai berikut :

- 1. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya (tulangan baja).
- 2. Efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton disekeliling tulangan dan saling geser antara tulangan dengan beton di sekelilingnya.
- 3. Tahanan gesek (friksi) terhadap gelincir dan saling mengunci pada saat elemen penguat atau tulangan mengalami tarik.
- 4. Efek kualitas beton dan kekuatan tarik juga tekannya.
- 5. Efek mekanis penjangkaran ujung tulangan.
- 6. Diameter dan bentuk tulangan.

Kuat lekat antara beton dan baja tulangan akan berkurang apabila mendapat tegangan yang tinggi karena pada beton terjadi retak-retak. Hal ini apabila terus berlanjut akan dapat mengakibatkan retakan yang terjadi pada beton menjadi lebih lebar dan biasanya bersamaan dengan itu akan terjadi defleksi pada balok. Dalam hal ini fungsi dari beton bertulang menjadi hilang karena baja tulangan telah terlepas dari beton. Meskipun demikian, penggelinciran yang terjadi antara baja tulangan dan beton disekelilingnya kadang tidak mengakibatkan keruntuhan balok secara menyeluruh karena ujung-ujung baja tulangan masih berjangkar dengan kuat.



**Gambar 2.4. Mekanisme kerusakan antara baja tulangan ulir dan beton**

Keterangan gambar:

1. Untuk gambar 2.2 (a)  $\rightarrow a/c > 0,15$
2. Untuk gambar 2.2 (b)  $\rightarrow a/c < 0,10$

Dari gambar 2.2 didapat rumus:

$$P = \pi \cdot d_b \cdot a \cdot f_b \approx \pi \cdot d_b \cdot c \cdot v_c \dots\dots\dots(2.5)$$

$$f_b = \frac{P}{\pi \cdot d_b \cdot a} \dots\dots\dots(2.6)$$

$$v_c = \frac{a}{c} \times f_b \dots\dots\dots(2.7)$$

Maka :

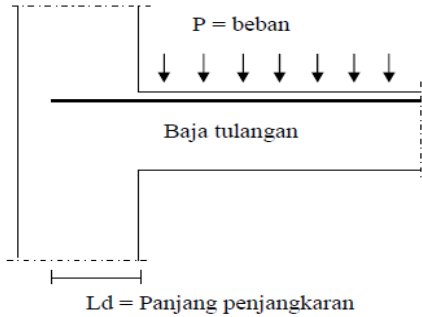
$$\sigma_{lk \text{ BU}} = \frac{\left( \frac{P}{(\pi \times d_b \times a)} \times \frac{a}{b+c} \right)}{\left( \frac{l_d}{b+c} \right)} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

- $f_b$  : Tegangan lekat pada ulir (MPa)
- $V_a$  : Tegangan lekat permukaan (Mpa)
- $V_c$  : Tegangan lekat baja per ulir (Mpa)
- $\sigma_{lk \text{ BU}}$  : Tegangan lekat baja ulir (MPa)
- $P$  : Beban (N)
- $d_b$  : Diameter nominal (mm)
- $a$  : Jarak puncak ulir dan tulangan (mm)
- $b$  : Lebar ulir (mm)
- $c$  : Jarak antar ulir (mm)
- $l_d$  : Panjang penyaluran tulangan (mm)

Faktor reduksi keliling tulangan terkumpul :

Dua tulangan	Tiga tulangan	Empat tulangan
$\gamma'_{bc} = 0.815$		$\gamma'_{bc} = 0.650$
$\gamma'_{bc} = 0.570$		
Dimana $A' = \frac{bt}{\gamma_{bc}}$		



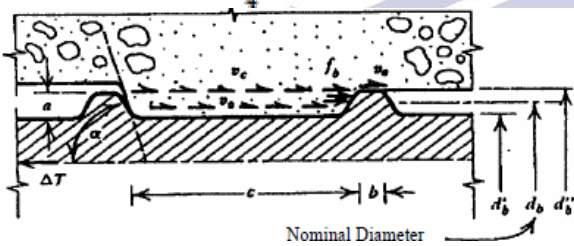
**Gambar 2.2. Panjang penjangkaran baja tulangan pada struktur.**

Menurut Kemp (1986), distribusi tegangan lekat sepanjang tulangan ulir lebih rumit dan kompleks. Tegangan lekat antara sepanjang tulangan dan beton akan terjadi pada dua tonjolan. Baja ulir dapat meningkatkan kapasitas lekatan karena penguncian dua ulir dan beton di sekelilingnya. Gaya tarik yang diatahan oleh tulangan dipindahkan ke beton melalui tonjolan. Tegangan lekat yang terjadi diantara dua ulir adalah gabungan dari beberapa tegangan di bawah ini :

1. Tegangan lekat dari adhesi di sepanjang permukaan baja tulangan.
2. Tegangan lekat permukaan.
3. Tegangan lekat yang bekerja di permukaan beton silinder yang berbatasan dengan baja tulangan ulir.

Hubungan antara tegangan dan gaya dapat dilihat dari rumus :

$$\Delta T = \pi \cdot d' \cdot b \cdot (b+c) \cdot v_a + \pi \cdot \frac{d'^2 \cdot 2b - d'^2 \cdot 2b}{4} \cdot f_b \approx \pi \cdot d^n \cdot b \cdot c \cdot v_c \dots\dots(2.3)$$



**Gambar 2.3 Tegangan pada baja tulangan ulir**

Tegangan lekat yang dihasilkan dari adhesi di sepanjang permukaan baja tulangan sangat kecil dibandingkan dengan tegangan lekat permukaan yang mengelilingi ulir. Oleh karena itu,  $v_a$  dapat diabaikan untuk tujuan praktis. Hubungan antara dua komponen penting tegangan lekat,  $f_b$  dan  $v_c$  dapat disederhanakan sebagai berikut :

1. Karena  $b \approx 0,1 c$
2. Karena  $a \approx 0,05 d'_b$ , luas permukaan dari salah satu ulir adalah :

$$\pi \cdot \frac{d'^2 \cdot 2b - d'^2 \cdot 2b}{4} \approx \pi \cdot d_b \cdot a \dots\dots\dots(2.4)$$

eksperimen dengan cara membuat benda uji beton T menggunakan fc 20 MPa. Baja tulangan D10 panjang 30 cm kemudian ujungnya tidak dibengkokkan. Baja tulangan ini ditanam dalam beton bentuk T dengan kedalaman 15 cm, pada bagian atas dilebihkan 15 cm untuk dijepit pada saat pengujian tarik (*pull out*) beton. Kemudian baja tulangan dimasukkan kedalam silinder beton tertanam satu tulangan sampai dengan tertanam 4. Baja tulangan dalam penelitian ini baja tulangan dikumpulkan jadi satu tidak menggunakan jarak. Uji *pull out* dilakukan pada saat benda uji berumur 28 hari dengan menggunakan Universal Testing Machine.

**Variabel Penelitian**

Variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Variabel Bebas
2. Variabel Terikat
3. Variabel Kontrol

**Metode Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data yang dilakukan dalam penelitian ini adalah:

1. Metode Literatur
2. Metode Eksperimen

**Pelaksanaan Penelitian**

**1. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan pada semester genap Tahun Ajaran 2012/2013.

**2. Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bahan dan Beton Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Negeri Surabaya.

**3. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Semen Portland Tipe I
- b. Pasir
- c. Kerikil
- d. Air PDAM
- e. Baja polos Ø10 mm dan ulir D10 mm.

**4. Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- a. Timbangan
- b. Oven
- c. Picnometer
- d. Jarum vikat dan cincin conical
- e. Stopwacth
- f. Cetakan benda uji silinder
- g. Gelas ukur
- h. Mesin aduk beton atau Moln
- i. Mesin siever dan ayakan

- j. Timbah, cetok, sekop dan talam
- k. Kerucut Abrams
- l. Dial gauge
- m. Mesin uji

**5. Pemeriksaan bahan dan material**

Pemeriksaan bahan terdiri dari :

- a. Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat.
- b. Pemeriksaan kadar lumpur dalam agregat.
- c. Pemeriksaan analisa ayakan pasir.
- d. Pemeriksaan berat volume agregat.
- e. Perhitungan perbandingan bahan untuk benda uji.
- f. Pengujian waktu pengikatan semen.
- g. Pengujian slump.
- h. Pengujian kuat tarik baja tulangan.

**6. Perencanaan Campuran**

Rencana pencampuran beton (concrete mix design) dalam penelitian ini menggunakan mix design standart PBI dalam SNI. Nilai slump yang diambil dalam pembuatan benda uji sebesar 9-15 cm.

**7. Pembuatan Benda Uji**

a. Pembuatan campuran adukan beton

Pembuatan campuran adukan beton berdasar-kan pada rancangan campuran adukan yang telah ditentukan terlebih dahulu.

b. Pembuatan benda uji silinder dengan penambahan baja tulangan

Pembuatan benda uji yang digunakan untuk tes kuat lekat adalah beton dengan fc'20 MPa yang dicor secara monolit. Baja tulangan ulir D10 mm, baja tulangan ini masing-masing dipotong sepanjang 30 cm. Jumlah benda uji yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada tabel 3.1

**Tabel 2. Tabel jumlah benda uji**

JENIS TES	PERLAKUAN	UMUR BETON	JUMLAH BENDA UJI
TARIK	1 BAJA TUL ULIR	28 HARI	3 BUAH
	2 BAJA TUL ULIR	28 HARI	3 BUAH
	3 BAJA TUL ULIR	28 HARI	3 BUAH
	4 BAJA TUL ULIR	28 HARI	3 BUAH

**8. Perawatan Benda Uji**

Perawatan dimaksudkan untuk mendapatkan kekuatan tekan beton yang sesuai dengan perencanaan. Perawatan yang dilakukan pada penelitian adalah dengan cara disiram selama 27 hari sebelum pengujian. (satu hari sebelum pengujian).

**9. Pengujian**

**a. Pengujian mutu baja tulangan**

Pengujian ini digunakan untuk mengetahui mutu kelas baja dan nilai kuat tarik baja.

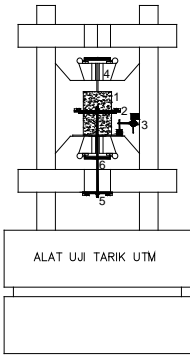
Rata-Rata	9,4087	69,5260	29167	40000	419
-----------	--------	---------	-------	-------	-----

**b. Pengujian mutu beton**

Pengujian ini untuk menentukan kuat tekan beton serta untuk mengetahui nilai kuat tarik belah beton dengan benda uji berbentuk silinder dengan diameter 15 cm dan tinggi 30 cm.

**c. Pengujian kuat lekat**

Pengujian kuat lekat dilakukan pada saat berumur 28 hari dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).



- Keterangan gambar :
1. No. 1 Benda uji
  2. Plat penahan benda uji atas
  3. Dial gauge
  4. Penjepit baja tulangan
  5. Plat penahan benda uji bawah
  6. AS penghubung plat penahan

Gambar 3.4. Set up pengujian kuat lekat

**Metode Analisis Data**

Data-data hasil penelitian dianalisis berdasar-kan kelompok dan variabel masing-masing secara analisis diskriptif, yaitu penggambaran hasil uji coba dalam bentuk tabel dan grafik.

**HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN**

**A. Pengujian Kuat Tekan Beton**

Pengujian kuat tekan beton dilakukan saat beton telah berumur 28 hari dengan menggunakan alat uji tekan beton. Hasil dari pengujian kuat tekan beton dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3. Hasil pengujian kuat tekan beton

No.	P maks (N)	A (mm <sup>2</sup> )	$f'_c = P/A$ (Mpa)	$\sigma$ rata-rata (Mpa)	$f_{ct} \approx 9\% s/d 15\% \times f'_c$ (Mpa)
1	369.579	17662,5	20,92	20,72	1,91 - 3,19
2	365.975	17662,5	20,72		
3	362.543	17662,5	20,52		

**B. Pengujian Kuat Tarik Baja**

Hasil pengujian kuat tarik baja dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Kuat tarik rata-rata baja tulangan

No	Jenis Tulangan	Dia(mm)	Luas (mm <sup>2</sup> )	Beban Leleh (N)	Beban Maks(N)	Tegangan Leleh (Mpa)
1	ulir 1	9,4000	69,3979	29000	40000	417,8798
2	ulir 2	9,4234	69,7433	29500	40000	422,9798
3	ulir 3	9,4026	69,4366	29000	40000	417,6469

**C. Pengujian Kuat Lekat Tulangan dan Beton**

Pengujian kuat lekat baja tulangan ulir D10 mm dengan beton menggunakan benda uji dengan jumlah tulangan yang tertanam berbeda-beda yang tertanam dalam beton 1-4 tulaangan yang terkumpul, masing-masing menggunakan 3 buah benda uji. Pengujian dilakukan dengan menggunakan alat UTM (*Universal Testing Machine*) pada saat benda uji telah berumur 28 hari, kemudian nilai data-data yang didapatkan dari pelaksanaan pengujian diolah dengan menggunakan rumus yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya

**1. Pengujian kuat lekat baja tulangan dengan 1 baja tulangan tertanam.**

Pengujian *Pull Out* baja tulangan ulir diameter 10 mm 1 tulangan tertanam dengan beton menggunakan benda uji sebanyak 3 buah dengan kedalaman yang sama yaitu 150 mm. hasil pengujian dapat dilihat pada table dibawah ini:

No	KET	A (mm)	Ld (mm)	Pmaks (N)	$\sigma_k A$ (Mpa)
1	TU 1	9.41	160	29000	6.134
2	TU 2	9.41	160	26000	5.500
3	TU 3	9.41	160	30000	6.346
Rata-Rata		9.41	160	28333	5.993

Dari data hasil pengujian benda uji didapatkan tegangan lekat rata-rata pada ketiga benda uji baja tulangan ulir tidak terlalu berbeda jauh, yaitu sebesar 5.852 MPa. Dan beban rata-rata yaitu sebesar 28333 N.

**2. Pengujian kuat lekat baja tulangan dengan 2 baja tulangan tertanam.**

Data-data hasil pengujian kuat lekat rata-rata 2 baja tulangan ulir dapat dilihat pada tabel berikut ini :

No	KET	Ld (mm)	A (mm)	Pmaks (N)	$\sigma_k A$ (Mpa)
1	TU 1	150	15.7	50000	5.333
2	TU 2	160	15.7	49000	5.226
3	TU 3	155	15.7	50000	5.333
Rata-Rata		155	15.7	49667	5.297

Dari data hasil pengujian benda uji didapatkan tegangan lekat rata-rata pada ketiga benda uji

baja tulangan ulir tidak terlalu berbeda jauh, yaitu sebesar 4.471 MPa. Dan beban rata-rata yaitu sebesar 49667 N.

**3. Pengujian kuat lekat baja tulangan dengan 3 baja tulangan tertanam.**

Berdasarkan data yang diperoleh dapat dibuat grafik hubungan antara tegangan lekat benda uji tulangan ulir diameter 10 mm dengan 3 tulangan tertanam, panjang penyaluran (Ld) 150 mm.

No	KET	Ld (mm)	A (mm)	Pmaks (N)	$\sigma_k A$ (Mpa)
1	TU 1	150	17.1	72000	5.448
2	TU 2	160	17.1	71000	5.372
3	TU 3	155	17.1	74500	5.637
Rata-Rata		155	17.1	72500	5.485

Dari data hasil pengujian benda uji didapatkan tegangan lekat rata-rata pada ketiga benda uji baja tulangan ulir tidak terlalu berbeda jauh, yaitu sebesar 5.485 MPa. Dan beban rata-rata yaitu sebesar 72500 N.

**4. Pengujian kuat lekat baja tulangan dengan 4 baja tulangan tertanam.**

Data-data hasil pengujian kuat lekat rata-rata 4 baja tulangan ulir dapat dilihat pada tabel berikut ini :

No	KET	Ld (mm)	A (mm)	Pmaks (N)	$\sigma_k A$ (Mpa)
1	TU 1	150	23.2	81000	3.954
2	TU 2	160	23.2	81500	3.979
3	TU 3	155	23.2	81500	3.979
Rata-Rata		155	23.2	81333	3.9710

Dari data hasil pengujian benda uji didapatkan tegangan lekat rata-rata pada ketiga benda uji baja tulangan ulir tidak terlalu berbeda jauh, yaitu sebesar 3,971 MPa ,dan beban rata-rata yaitu sebesar 81333N.

**D. Beban Lekat Teoritik**

Hasil perhitungan beban lekat teoritik dapat dilihat pada grafik 4.1

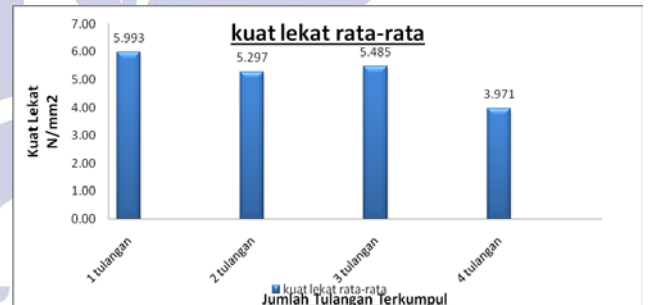


**Grafik 4.6** Perbandingan nilai beban lekat rata-rata tulangan terkumpul saat pengujian dengan beban lekat teoritik

Dari diagram di atas, dapat diketahui bahwa beban lekat pengujian kuat lekat baja tulangan ulir terkumpul mempunyai nilai lebih besar jika dibandingkan dengan beban lekat teoritik minimum maupun beban lekat teoritik maksimum. Sedangkan beban maksimum yang terjadi pada penelitian ini lebih kecil dari beban yang terjadi pada pengujian kuat leleh tulangan sehingga beton mengalami kerusakan terlebih dahulu.

**E. Kuat Lekat Rata-rata**

Dari hasil pengujian diatas dapat di buat sebuah grafik kuat lekat rata-rata, seperti pada Gambar 4.2 di bawah ini



**Grafik 4.2** Tegangan lekat rata-rata tulangan terkumpul.

Grafik 4.2 adalah perbandingan kuat lekat tulangan ulir terkumpul. Tegangan lekat terbesar terdapat pada jumlah 1 tulangan ulir dengan nilai kuat lekatnya 5,852 MPa. Sedangkan tegangan lekat terendah terdapat pada tulangan ulir terkumpul 4 dengan nilai kuat lekatnya 3,971 MPa. Hal ini disebabkan karena pada 1 tulangan ulir memiliki lekatan antara beton dan baja tulangan hampir sempurna, karena tidak ada lekatan sesama baja tulangan, sedangkan pada tulangan ulir terkumpul 4 lekatan sesama baja tulangan besar sekali. Besarnya luasan tulangan sesama baja tulangan dapat di lihat pada table di bawah ini:

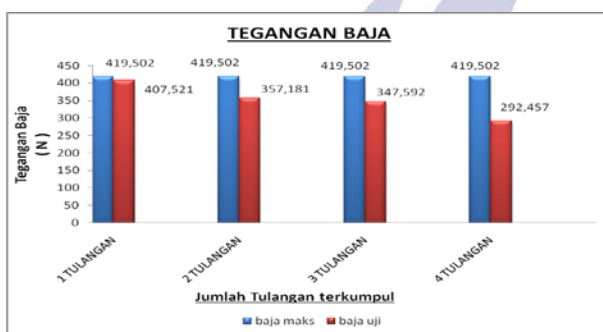


**Tabel 4.8** Perhitungan luas lekatan sesama baja tulangan

JUMLAH TULANGAN	LUAS TULANGAN	LUAS LEKATAN
		SESAMA BAJA
1 TULANGAN	69.526	
2 TULANGAN	139,052	3.12
3 TULANGAN	207,156	10.53
4 TULANGAN	276,208	23.24

## F. Tegangan Baja Tulangan

Dari hasil pengujian di atas dapat dilihat tegangan yang terjadi pada baja tulangan, seperti pada Gambar 4.3 dibawah ini



**Grafik 4.3** Perbandingan Tegangan Baja Pengujian Dengan Tegangan Baja Maksimal

Berdasarkan grafik diatas terlihat tegangan yang terjadi saat pengujian kuat lekat lebih kecil dari tegangan baja itu sendiri sehingga menguatkan pernyataan sebelumnya yang menyatakan beton mengalami kerusakan terlebih dahulu

## G. Kerusakan Benda Uji

Dari hasil pengujian di dapatkan bahwa beton mengalami kerusakan terlebih dahulu, hal ini terjadi karena beban maksimum yang terjadi pada penelitian ini lebih kecil dari beban yang terjadi pada pengujian kuat leleh tulangan atau dengan kata lain tegangan lekat maksimal beton pada tulangan baja tidak mampu mengimbangi tegangan leleh baja tulangan itu sendiri. Hal ini dapat terlihat dari grafik-grafik diatas tersebut yang menunjukkan bahwa kuat lekat beton pada tulangan tidak mampu menahan tegangan tarik yang terjadi saat pengujian.

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa data penelitian pengaruh kuat lekat beton terhadap baja tulangan

terkumpul maka dapat diambil apa kesimpulan sebagai berikut :

1. Beban yang terjadi pada penelitian ini semakin banyak jumlah tulangan yang tertanam (terkumpul) semakin besar beban yang terjadi. Namun Tegangan yang terjadi pada penelitian ini justru semakin banyak tulangan terkumpul yang tertanam semakin kecil tegangan yang terjadi.
2. Kuat lekat yang terjadi pada beton dan tulangan terkumpul, bahwa semakin banyak tulangan terkumpul yang tertanam semakin kecil kuat lekatnya.
3. Tegangan baja tulangan pengujian lebih kecil dari tegangan baja tulangan maksimum sehingga beton mengalami kerusakan terlebih dahulu dan baja tulangan tetap utuh
4. Semua kerusakan yang terjadi pada beton namun, semakin banyak tulangan terkumpul kerusakan semakin parah. Hal ini disebabkan karena banyaknya tulangan ulir yang tertanam..

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang ada maka perlu adanya penelitian lanjutan untuk melengkapi dan mengembangkan tema penelitian ini. Saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian-penelitian selanjutnya adalah:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan alat, bahan serta benda uji yang lebih baik, agar mendapatkan hasil yang lebih sempurna.
2. Perlu dilakukan penelitian dengan tulangan terkumpul dengan berbagai variasi mutu dan variasi diameter tulangan terkumpul.

### Daftar Pustaka

- Badan Standarisasi Nasional. (SKSNI) 03-2847-2002 **Tata Cara Perencanaan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung.**
- Badan Standarisasi Nasional. (SKSNI) T-15-2002-03 **Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal.**
- Dispohusodo, Istimawan. 1999. **Struktur Beton Bertulang.** Jakarta : Gramedia.
- Emilianto, Riki. 2008. **“Tinjauan Tegangan Lekat Baja Tulangan Ulir Dengan**

**Berbagai Variasi Diameter dan Panjang Penyaluran Dengan Bahan Perekat Sikadur ® 31 CF Terhadap Beton Normal**". Yogyakarta. Universitas Negeri Islam.

Mandasari, Ratna. 2009. **"Pengaruh Bentuk Uliran Baja Tulangan Terhadap Kuat Lekat Antara Beton dan Baja Tulangan"**. Surabaya : Universitas Negeri Surabaya.

Mulyono Tri, 2004. **Teknologi Beton**. Yogyakarta : Penerbit Andi.

Nawy, E.G., 1990, **Beton Bertulang Suatu Pendekatan Dasar**. Bandung : Eresco.

Sutikno. 2003. **Panduan Praktek Beton**. Universitas Negeri Surabaya.

Tim Penyusun, 2006. **Pedoman Penulisan dan Ujian Skripsi**. Universitas Negeri Surabaya.

Vis W.C and Kusuma Gideon, 1990, **Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang**. Jakarta : Erlangga.

Wang, C.K. and Salmon, C.G., (alih bahasa : Binsar Hariandja), 1993, **Desain Beton Bertulang**. Jakarta : Erlangga.

