

PENGARUH KOROSI BAJA TULANGAN TERHADAP KUAT LEKAT BETON BERTULANG

Drs. Prihantono ST dan Saefudin

Abstract

The aim of this research is to find out the bound strength of the reinforced concrete that is caused by use of reinforced steel. The reseach was conducted in contriction and material laboratory, Indonesia University Depok West Java. The time was study between November, 2001 to January, 2002. the methodology used in this study was experiment, the covered population were 30 specimen of tested instruments. The samples were 24 specimen of concrete with $f'c$ 40 MPa in cubical form, size 15x15x15 cm which given deformed reinforced steel \varnothing 18,33 mm. The test of bound strength result the average score to uncorrosioned reinforced steel is 82.28 kg/cm², to corrosioned reinforced steel is 60.00 kg/cm² and to corrosioned reinforced steel with coating epoxy is 74.54 kg/cm². the testing hypotesis used one-tailed. Variant analysis with level of significant is $\alpha = 0.01$. the best result is got $F_{hitung} > F_{tabel}$ or 24.85 > 5.78 which mean H_0 is rejected. The result of the study is there si a signicant difference among concrete with uncorrosioned reinforced steel, corrosioned and corrosioned with coating epoxy.

Kata Kunci : kuat lekat, korosi, beton bertulang, baja tulangan .

Pendahuluan

Krisis ekonomi atau moneter yang melanda bangsa Indonesia sejak awal periode tahun 1997 secara langsung telah memberi dampak yang cukup berarti dalam berbagai sektor kehidupan ekonomi bangsa. Akibat krisis berkepanjangan, terpaksa sebagian proyek harus berhenti, dengan berbagai sebab, terutama faktor pendanaan yang sedang sekarat.

Pembangunan sarana dan prasarana infra struktur tak terkecuali bisnis konstruksi talah mendapat pengaruh cukup besar, hal nyata terlihat dari sedikitnya volume pembangunan gedung-gedung baru pada akhir-akhir ini. Lebih dari itu, terlihat cukup banyak gedung-gedung di kota Jakarta yang

pembangunan struktur fisiknya belum selesai dikerjakan kini terlantar dan seakan tidak terawat.

Banyak kasus kerusakan bangunan akibat korosi atau karat, akibatnya sangat merugikan. Serangan korosi tidak saja merusak bangunan yang menggunakan konstruksi baja saja, konstruksi beton bertulang yang nampaknya aman pun, ternyata dalam kondisi tertentu baja tulangan di dalamnya dapat mengalami korosi.

Bila penulis memperhatikan gedung-gedung tersebut, dimana banyak struktur rangkaian baja tulangan yang `telanjang` – baik kolom, plat lantai, balok maupun blok dinding geser – telah terkorosi atau berkarat dan tidak terlihat adanya tanda-tanda proteksi/perawatan untuk menyelamatkan struktur terhadap baja tulangan dan beton tersebut. Sebagai contoh, lantai-lantai bangunan yang terbuka tidak dilapisi *water proof*, tentu akan lebih rawan terhadap pengaruh hujan dan panas, karena lantai didesain bukan sebagai atap lagi pula tidak diproteksi dengan pelapis anti bocor. Apalagi baja tulangan yang terbuka, ini memberi konsekuensi buruk yang patut dicermati. Belum lagi jika struktur bangunan terdiri dari sistem komposit, tentu hal ini lebih rentan terhadap cuaca.

Akibat penghentian kegiatan pembangunan struktur untuk sementara waktu pada beberapa gedung di wilayah Jakarta, telah mengakibatkan timbulnya serangan korosi pada baja tulangan sebagai elemen struktur utama. Dalam pengamatan sederhana, serangan korosi ini telah menimbulkan perubahan fisik dan kimia pada baja tulangan tersebut dengan ditandai terbentuknya *rust* (karat) pada sepanjang permukaannya.

Dalam pembicaraan sehari-hari kita mengenal istilah karat atau pengkaratan yang tidak lain adalah peristiwa korosi logam besi atau baja. Logam besi atau baja yang diperoleh dari alam menghabiskan sejumlah energi hingga terbentuklah material besi dan baja atau logam-logam lainnya yang siap pakai, oleh karena itu logam-logam tersebut berada dalam kedudukan energi tinggi, bersifat temporer dan akan kembali ke lingkungan alam sebagai mineral yang energinya lebih rendah, proses kembalinya logam siap pakai ke alam inilah yang dinamakan korosi. Jadi korosi adalah proses alam yang tidak dapat dicegah tapi hanya mungkin dapat dikendalikan.

Mengenai korosi ini, Trethewey mendefinisikan korosi sebagai penurunan mutu logam akibat reaksi elektrokimia dengan lingkungannya. Sedangkan A. Sulaiman melihat korosi sebagai proses kerusakan material, terutama logam karena berinteraksi dengan lingkungannya dan Fontana mendefinisikan korosi sebagai peristiwa 1) Penghancuran atau perusakan bahan karena berinteraksi dengan lingkungannya 2) Pengrusakan bahan tanpa pengrusakan mekanis 3) Proses kebalikan dari ekstraksi metalurgis 4) Interaksi bahan dengan lingkungan yang tak diinginkan

Everard dalam bukunya *Reinforced Concrete Design* mendefinisikan baja tulangan sebagai batang baja yang digunakan pada beton untuk menahan gaya tarik, sedang PBI 91 mengatakan baja tulangan adalah batang baja berbentuk polos atau deform atau pipa yang berfungsi untuk menahan gaya tarik pada komponen struktur, tidak termasuk tendon prategang, kecuali bila secara khusus disertakan dan PBI 71 memberi pengertian baja tulangan sebagai jenis baja yang dipakai untuk tulangan beton yang harus memenuhi ketentuan-ketentuan dari pasal tentang baja dan batang tulangan.

Dalam kasus penggunaan baja tulangan di lapangan/proyek, jika baja tulangan pada struktur dibiarkan `telanjang` berkontak dengan udara terbuka, permukaannya akan diselubungi oleh lapisan oksida kecoklatan yang terbentuk karena proses korosi yang berlangsung di sepanjang permukaan tersebut. Proses ini akan terus berlangsung terus dan baja tulangan akan menurun tingkat kekuatannya hingga akan rusak sama sekali, kecuali jika dilaksanakan upaya yang mampu melindungi dari serangan korosi.

Kondisi daerah perbatasan beton yang telah dicor dengan sisa baja tulangan yang masih terbuka juga patut mendapat perhatian khusus. Tampak bahwa lapisan oksida kecoklatan baja tulangan memenuhi dan hampir menutupi permukaan beton, lapisan yang berupa cairan oksida tersebut, hal itu tentu tidak diperkenankan terus-menerus berada pada permukaan beton, karena ia tersusun oleh unsur-unsur kimia yang membahayakan beton.

Jadi korosi baja tulangan adalah suatu proses peristiwa kimia yang terjadi pada logam baja tulangan yang tidak terlindungi dari pengaruh zat-zat kontaminan, bersifat lambat, menurunkan tingkat kekuatan penampang, berbanding lurus dengan waktu dan merupakan peristiwa yang tidak dapat

dihindari selama tidak ada upaya perlindungan atau pengendalian terhadap logam tersebut.

Salah satu anggapan dasar yang digunakan dalam perencanaan dan analisis struktur beton bertulang adalah bahwa lekatan (*bond*) batang baja tulangan dengan beton yang mengelilinginya berlangsung sempurna tanpa terjadi pergelinciran atau pergeseran (*slip*). Berdasarkan anggapan tersebut dan sebagai akibat lebih lanjut, pada saat komponen struktur menahan beban akan timbul tegangan lekat yang berupa *Shear Interlock* pada permukaan singgung antara batang baja tulangan dengan beton.

Kekuatan lekatan beton dengan baja tulangan bergantung pada :

- a. Adhesi antara elemen beton dan bahan penguatnya (baja tulangan).
- b. Pengaruh efek *gripping* (memegang) sebagai akibat dari susut pengeringan beton di sekeliling baja tulangan dan saling geser antara baja tulangan dengan beton di sekelilingnya.
- c. Tahanan gesekan (*friction*) terhadap gelincir dan saling “mengunci” pada saat elemen penguat baja tulangan mengalami tegangan tarik.
- d. Pengaruh kualitas beton, kekuatan tarik dan tekannya.
- e. Pengaruh mekanisme penjangkaran (*anchorage*) ujung tulangan, yaitu dengan panjang penyaluran (*development length*), sambungan (*splices*), pembengkokan (*hook*) dan persilangan tulangan.
- f. Diameter, bentuk dan jarak tulangan karena semuanya mempengaruhi pertumbuhan retak pada beton.

Kontribusi masing-masing faktor diatas sangat sulit dipisahkan satu dengan yang lainnya. Efek saling geser, susut dan kualitas beton dapat dianggap sebagai faktor yang paling utama.

Terdapat tiga jenis percobaan untuk menentukan kualitas lekatan elemen baja tulangan dengan beton, yaitu percobaan *pull-out*, *embedded-rod* dan balok (*beam*). Percobaan *pull-out* memberikan perbandingan yang baik antara berbagai jenis permukaan baja tulangan dan jarak penanamannya, namun memang belum diperoleh tegangan lekatan yang sesungguhnya pada struktur rangka.

Tujuan penelitian secara operasional adalah untuk mengetahui perbedaan nilai kuat lekat antara beton $f'c$ 40 MPa yang menggunakan baja

tulangan BJTD Ø 18,33 mm tidak terkorosi, baja tulangan BJTD Ø 18,33 mm terkorosi dan baja tulangan BJTD Ø 18,33 mm terkorosi *dicoating* epoxy.

Metode Penelitian

Disain Penelitian

Pada penelitian ini sampel beton dibagi menjadi 3 kelompok besar, yaitu : Kelompok pertama (A) adalah beton yang menggunakan baja tulangan ulir yang tidak terkorosi, berjumlah 8 buah. Kelompok kedua (B) adalah beton yang menggunakan baja tulangan ulir yang terkorosi, berjumlah 8 buah.

Kelompok ketiga (C) adalah beton yang menggunakan baja tulangan ulir terkorosi dan *dicoating* epoxy, berjumlah 8 buah.

Variabel Penelitian

Variabel bebas : beton yang menggunakan baja tulangan ulir tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi *dicoating* epoxy. Variabel terikat : nilai kuat lekat beton bertulang.

Teknik Pengambilan Sampel

Populasi

Populasi adalah seluruh obyek yang akan diteliti atau diukur, kuantitatif mengenai karakteristik tertentu dari semua anggota, dalam hal ini terdiri dari beton yang menggunakan baja tulangan ulir Ø 18,33 mm yang terkorosi dan tidak terkorosi berjumlah 30 buah, dengan rincian beton yang menggunakan baja tulangan ulir tidak terkorosi berjumlah delapan buah benda uji, yang menggunakan baja tulangan terkorosi dan yang menggunakan baja tulangan terkorosi *dicoating* epoxy masing-masing delapan buah benda uji.

Sampel

Sampel merupakan bagian yang diambil dari populasi. Untuk teknik pengambilan sampel dilakukan secara acak (*random*) pada setiap perlakuan, masing-masing perlakuan diambil sebanyak 8 buah sampel. Berikut ini adalah tabel penjabaran yang berkenaan dengan populasi dan sampel yang akan diuji.

Tabel 1. : Populasi dan sampel benda uji baja tulangan

Kelompok benda uji	Jumlah Populasi	Jumlah Sampel
Baja tulangan BJTD 18,33 mm tidak terkorosi	10	8
Baja tulangan BJTD 18.33 mm terkorosi.	10	8
Baja tulangan BJTD 18.33 mm terkorosi dicoating epoxy.	10	8

Tabel 2. : Populasi dan sample kelompok benda uji

Kelompok benda uji	Jumlah Populasi	Jumlah Sampel
Beton f^c 40 MPa menggunakan baja tulangan BJTD 18.33 mm tidak terkorosi.	10	8
Beton f^c 40 MPa menggunakan baja tulangan BJTD 18.33 mm terkorosi.	10	8
Beton f^c 40 MPa menggunakan baja tulangan BJTD 18.33 mm terkorosi dicoating epoxy.	10	8

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian melalui tiga tahap, yaitu pemeriksaan bahan, pembuatan benda uji dan pengujian benda uji. Tahap pemeriksaan dilakukan untuk memastikan bahwa bahan-bahan yang digunakan layak dan memenuhi persyaratan, proses pemeriksaan menggunakan standar/peraturan yang berlaku.

1. Tahap pemeriksaan bahan

Pemeriksaan bahan dilakukan terhadap masing-masing bahan dasar agar diketahui sifat-sifat dari bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini. Hasil pemeriksaaan ini digunakan sebagai perbandingan terhadap nilai-nilai standar yang disyaratkan.

2. Tahap pembuatan benda uji

Campuran pembuatan benda uji dengan menggunakan perbandingan campuran metode SK SNI T-15-1990-03. Benda uji untuk pengujian kuat tekan dan kuat lekat menggunakan bentuk kubus 15x15x15 cm. Sebelum adukan dimasukkan ke dalam cetakan kubus, dilakukan pengujian slump test. Setelah itu adukan dimasukkan ke dalam cetakan dan selama 24 jam jika sudah mengeras maka benda uji dapat dilepaskan dari cetakan, kemudian dilakukan proses perawatan dengan cara direndam dalam air selama umur beton yang ditentukan.

3. Tahap pengujian benda uji

a. Pengujian kuat tekan beton

Pengujian kuat tekan beton dilakukan sesuai dengan peraturan SK SNI M-14-1999-F. Hasil pengujian kuat tekan beton dengan umur 7 dan 28 hari sebanyak 24 buah, hasilnya berupa nilai kuat tekan rata-rata (kg/cm^2).

b. Pengujian kuat tarik dan tekuk baja tulangan beton

Pengujian kuat tarik baja tulangan dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan baja tulangan yang telah terkorosi, setelah itu dibandingkan dengan nilai kuat tarik baja tulangan yang normal (tidak terkorosi). Pengujian ini dilakukan sebanyak 5 batang baja tulangan terkorosi dan 5 batang baja tulangan yang tidak terkorosi.

c. Pengujian kuat lekat

Pengujian kuat lekat beton dengan baja tulangan yang tidak terkorosi, baja tulangan terkorosi dan baja tulangan terkorosi *dicoating* dengan epoxy bertujuan untuk mengetahui perbedaan kuat lekat yang ditimbulkan akibat penggunaan baja tulangan yang berbeda. Pengujian ini dilakukan sebanyak 24 buah, masing-masing perlakuan 8 buah.

Perhitungan data

- a. Analisis rencana campuran beton.
- b. Perhitungan data hasil pengujian kuat tarik baja tulangan BJTD 18,33 mm.
- c. Perhitungan data hasil pengujian kuat tekan.
- d. Perhitungan data hasil pengujian kuat lekat beton dengan baja

- e. tulangan tidak terkorosi, baja tulangan terkorosi dan baja tulangan terkorosi *dicoating* epoxy.

Teknik Analisis Data

Teknik analisa data menggunakan Analisis Varians (ANOVA) satu jalur. Sebelum pengujian hipotesis dilakukan, terlebih dahulu dilakukan pengujian persyaratan analisis data dengan menguji normalitas distribusi data dengan menggunakan *uji lilliefors*, kemudian pengujian homogenitas variansi dilakukan dengan *uji Bartlet*.

Hipotesa Statistik

$$H_0 : \mu_A = \mu_B = \mu_C$$

Tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap nilai kuat lekat antara beton f^c 40 MPa dengan baja tulangan BJTD 18,33 mm yang tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi *dicoating* epoxy.

Hi : paling sedikit satu tanda sama dengan tidak berlaku.

Terdapat perbedaan yang signifikan terhadap nilai kuat lekat antara beton f^c 40 MPa dengan baja tulangan BJTD 18,33 mm yang tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi *dicoating* epoxy.

Keterangan :

μ_A = nilai rata-rata kuat lekat antara beton f^c 40 MPa dengan baja tulangan BJTD 18,33 mm yang tidak terkorosi.

μ_B = nilai rata-rata kuat lekat antara beton f^c 40 MPa dengan baja tulangan BJTD 18,33 mm yang terkorosi. μ_C = nilai rata-rata kuat lekat antara beton f^c 40 MPa dengan baja tulangan BJTD 18,33 mm terkorosi *dicoating* epoxy.

Taraf Signifikan/nyata (α) = 1%

Kriteria pengujian hipotesis :

Menolak H_0 jika :

$$F_{hitung} > F_{tabel}$$

Menerima H_0 jika :

$$F_{hitung} < F_{tabel}$$

Jika H_i jika :

$$F_{hitung} > F_{tabel}$$

Deskripsi Data

Sebelum ditampilkan data pengujian kuat lekat beton, maka terlebih dahulu ditampilkan data hasil uji kuat tekan beton dan data hasil uji kuat tarik baja tulangan. Data-data tersebut adalah penunjang pada pengujian kuat lekat beton.

1. Uji Kuat Tekan Beton.

Tabel 3. : Hasil pengujian kuat tekan beton kubus

Harga slump : 12 cm

No.	Umur	Beban	Tegangan	($\sigma_b - \sigma$)
1.	7	82250	378.9	8430
2.	7	73000	324.4	190.85
3.	7	85500	380	8614.6
4.	7	75000	333.3	719.04
5.	28	95500	424.44	612.315
6.	28	95500	424.44	612.315
7.	28	100100	444.89	18.447
8.	28	109500	486.67	1405.125
9.	28	110000	488.89	1576.487
10.	28	99000	440	84.364
11.	28	98500	437	148.474
12.	28	95500	424.44	612.315
13.	28	95250	423.33	668.481
14.	28	98000	435.55	185.913
15.	28	102500	455.55	40.513
16.	28	102000	455.55	17.181
17.	28	107500	477.78	817.674
18.	28	97000	431.111	326.669
19.	28	98000	435.55	185.913
20.	28	99000	440	84.364

21.	28	100250	445.55	13.213
22.	28	106000	471.11	480.705
23.	28	100500	446.67	6.325
24.	28	105000	446.67	6.325
Rata-rata			445,53	8706,813

Sumber : Data primer

2. Uji Kuat Tarik Baja Tulangan

Tabel 4. : Hasil pengujian tarik dan tekuk tulangan BJTD 18,33 mm tidak terkorosi.

No.	Fe (kN)	Fm (kN)	Putus (kN)	Peng- golongan	Tes tekuk dingin 180°
1.	115	153	58,5	BJTD 40	Tidak retak
2.	120	159	62,0	BJTD 40	Tidak retak
3.	118	151	64,4	BJTD 40	Tidak retak
4.	123	160	62,5	BJTD 40	Tidak retak
5.	117	154	62,0	BJTD 40	Tidak retak
	118,6	155,4	61,88		

Sumber : Data primer

Tabel 5. : Hasil pengujian tarik dan tekuk tulangan BJTD 18,33 mm korosi.

No	Fe (kN)	Fm (kN)	Putus (kN)	Peng- golongan	Tes tekuk dingin 180°
1.	85,5	130	45	BJTD 35	Tidak retak
2.	88,0	134	39	BJTD 35	Tidak retak
3.	83,5	129	40	BJTD 35	Tidak retak
4.	84,5	128	41,5	BJTD 35	Tidak retak
5.	84,5	129	42,5	BJTD 35	Tidak retak
	85,5	130	41,6		

Sumber : Data primer

Keterangan :

Fe = beban luluh (kN) Fm = beban maksimum (kN)

3. Uji Kuat Lekat

Data hasil pengujian kuat lekat beton $f'c$ 40 MPa yang menggunakan baja tulangan ulir BJTD Ø18,33 mm terlihat pada tabel-tabel berikut :

Tabel 6. : Nilai kuat lekat antara beton $f'c$ 40 MPa dengan baja tulangan ulir yang tidak korosi.

No.	Kuat Lekat (Kg/Cm ²)	Kuat Lekat rata-rata (Kg/Cm ²)
1.	81,60	82,28
2.	81,87	
3.	87,55	
4.	80,20	
5.	84,00	
6.	79,00	
7.	81,00	
8.	83,00	

Sumber : Data primer

Tabel 7.: Nilai kuat lekat antara beton dengan baja tulangan ulir yang terkorosi.

No.	Kuat Lekat (Kg/Cm ²)	Kuat Lekat rata-rata (Kg/Cm ²)
1.	71,83	60,00
2.	43,07	
3.	50,57	
4.	67,43	
5.	68,57	
6.	59,89	
7.	68,58	
8.	52,00	

Sumber : Data primer

Tabel 8.: Nilai kuat lekat antara beton dengan baja tulangan ulir yang terkorosi *dicoating epoxy*.

No.	Kuat Lekat (Kg/Cm ²)	Kuat Lekat rata-rata (Kg/Cm ²)
1.	77,63	76,54
2.	75,37	
3.	78,77	
4.	74,80	
5.	74,23	
6.	74,70	
7.	78,80	
8.	78,00	

Sumber : Data primer

Tabel 9. : Data gabungan hasil pengujian kuat lekat beton f^c 40 MPa dengan baja tulangan deformasi \varnothing 18,33 mm.

Nomor Sampel	Kuat lekat 1.	Kuat lekat 2.	Kuat lekat 3.
1.	81,60	70,83	77,63
2.	81,87	43,07	75,37
3.	89,55	51,57	78,77
4.	78,20	67,43	74,80
5.	85,00	68,57	74,23
6.	78,00	59,89	74,70
7.	81,00	66,58	78,80
8.	83,00	52,00	78,00
	82,58	60,00	76,54

Sumber : Data primer

Keterangan :

Kuat lekat 1 = kuat lekat yang dihasilkan oleh beton f^c 40 dengan baja tulangan \varnothing 18,33 mm tidak berkarat.

Kuat lekat 2 = kuat lekat yang dihasilkan oleh beton f^c 40 dengan baja tulangan \varnothing 18,33 mm berkarat.

Kuat lekat 3 = kuat lekat yang dihasilkan oleh beton $f'c$ 40 dengan Baja tulangan \emptyset 18,33 mm berkarat *dicauling epoxy*.

Pengujian persyaratan analisis.

Sebelum pengujian hipotesis dan analisis data berikutnya dilakukan, perlu diselidiki dahulu apakah data yang diperoleh dari hasil pengujian laboratorium tersebut berdistribusi normal atau tidak. Untuk mengetahui asumsi normalitas data dapat digunakan uji kenormalan yang sering dikenal dengan uji Liliefors.

1. Uji Normalitas

Analisa statistik yang digunakan untuk menguji normalitas data adalah dengan menggunakan analisa statistik Liliefors. Data yang dianalisis adalah data nilai kuat lekat antara beton yang menggunakan baja tulangan ulir dari masing-masing kelompok perlakuan, kelompok A adalah kelompok sampel beton yang menggunakan baja tulangan ulir yang tidak terkorosi, kelompok B adalah adalah kelompok sampel beton yang menggunakan baja tulangan ulir yang terkorosi, dan kelompok C adalah adalah kelompok sampel beton yang menggunakan baja tulangan ulir yang terkorosi *dicoating epoxy*.

Hasil pengujian kuat lekat beton $f'c$ 40 MPa yang menggunakan baja tulangan BJTD \emptyset 18,33 mm normal (tidak terkorosi). Didapat dari tabel hasil perhitungan rata-ratanya adalah 82,28 kg/mm² dan simpangan baku $S = 3,74$ dari tabel perhitungan diperoleh $L_{hitung} = 0,1590$ dengan $n=8$ dan taraf nyata $\alpha = 0,01$ dari daftar uji Liliefors didapat $L_{hitung} 0,1590 < L_{tabel} 0,331$. Berdasarkan kriteria pengujian bahwa jika $L_{hitung} < L_{tabel}$ maka populasi dinyatakan berdistribusi normal, sehingga dapat disimpulkan bahwa populasi kelompok perlakuan A berdistribusi normal.

Hasil pengujian kuat lekat beton $f'c$ 40 MPa yang menggunakan baja tulangan BJTD \emptyset 18,33 mm terkorosi. Didapat dari tabel hasil perhitungan rata-ratanya adalah 60,00 kg/mm² dan simpangan baku $S = 10,08$ dari tabel perhitungan diperoleh $L_{hitung} = 0,2460$ dengan $n=8$ dan taraf nyata $\alpha = 0,01$ dari daftar uji Liliefors didapat $L_{hitung} = 0,2460 < L_{tabel} = 0,331$. Sehingga dapat disimpulkan bahwa populasi kelompok perlakuan B berdistribusi normal.

Hasil pengujian kuat lekat beton $f'c$ 40 MPa yang menggunakan baja tulangan BJTD \emptyset 18,33 mm terkorosi di *coating epoxy*. Didapat dari tabel hasil

perhitungan rata-ratanya adalah $76,54 \text{ kg/mm}^2$ dan simpangan baku $S = 1,95$ dari tabel perhitungan diperoleh $L_{\text{hitung}} = 0.2258$ dengan $n=8$ dan taraf nyata $\alpha = 0,01$ dari daftar uji Liliefors didapat $L_{\text{hitung}} = 0.2258 < L_{\text{tabel}} = 0.331$ Sehingga dapat disimpulkan bahwa populasi kelompok perlakuan C berdistribusi normal.

2. Uji Homogenitas

Analisa statistik yang digunakan untuk menguji homogenitas kelompok sampel adalah dengan uji *Bartlett*. Data yang diuji adalah data kuat lekat dari masing-masing kelompok sampel. Dari hasil perhitungan didapat $\chi^2 = 17.2062$, jika taraf nyata $\alpha = 0,01$ dari daftar chi-kuadrat dengan $dk = 7$ didapat $\chi^2_{(0,99)} = 18.5$, sehingga $L_{\text{tabel}} = 18.5 > L_{\text{hitung}} = 17.2062$, maka data yang ada bersifat homogen. Jadi dapat disimpulkan populasi data nilai kuat lekat antara beton $f'c$ 40 MPa dengan baja tulangan BJTD $\emptyset 18,33 \text{ mm}$ adalah homogen.

3. Pengujian Hipotesis dan Hasil Penelitian

Dari penelitian hipotesis dengan menggunakan uji kenormalan dan uji homogenitas, diperoleh data hasil pengujian kuat lekat berdistribusi normal dan data tersebut bersifat homogen.

Pada pengujian kuat lekat antara beton yang menggunakan baja tulangan ulir tidak berkarat, berkarat dan berkarat *dicoating epoxy*, hipotesis alternatif (H_1) sebagai berikut ; terdapat perbedaan kuat lekat antara beton $f'c$ 40 MPa dengan baja tulangan BJTD $\emptyset 18,33 \text{ mm}$ yang menggunakan baja tulangan tidak berkarat, berkarat dan berkarat *dicoating epoxy*.

Kriteria pengujian ; Jika $F_{\text{hitung}} > F_{\text{tabel}}$ maka H_0 ditolak, diperoleh $F_{\text{hitung}} = 24,95$ dan $F_{\text{tabel}} = 5,78$. Karena $24,95 > 5,78$ maka hipotesis nol ditolak.

Hasil Penelitian

Ada perbedaan nilai kuat lekat yang signifikan antara beton yang menggunakan baja tulangan tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi yang *dicoating epoxy*.

Tabel 10. : Rangkuman pengujian analisis varians

Sumber Variansi	Dk	JK	KT	F _{hitung}	F _{tabel}
Rata-rata	1	127671.26	127671.26		
Antar Kelompok	2	2142.15	1071.075	24.95	5.78
Dalam Kelompok	21	901.5	42.93		
Total	24	130714.91	---	---	---

Untuk mengetahui kelompok mana yang membuat adanya perbedaan nilai kuat lekat antara beton beton f'c 40 MPa dengan baja tulangan BJTD Ø18,33 mm antara dua mean maka digunakan *tes Scheffee*. Hasil perhitungan didapat $F(A-B) = 6,800$ $F(A-C) = 1,752$ $F(B-C) = 5,049$; sedangkan untuk F' pembandingan diperoleh 3,400. Dengan kriteria pengujian $F_{hitung} > F_{tabel}$, pada pengujian kelompok A-B terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kuat lekat rata-rata pada beton f'c 40 MPa yang menggunakan baja tulangan BJTD Ø18,33 mm tidak berkarat dengan BJTD Ø18,33 mm yang berkarat. Sedangkan pada pengujian kelompok A-C tidak terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kuat lekat rata-rata pada beton f'c 40 yang menggunakan baja tulangan BJTD Ø18,33 mm tidak berkarat dengan baja tulangan BJTD Ø18,33 mm berkarat *dicoating epoxy*.

Pada pengujian kelompok B-C terdapat perbedaan yang signifikan terhadap kuat lekat rata-rata pada beton f'c 40 MPa yang menggunakan baja tulangan BJTD Ø18,33 mm berkarat dengan baja tulangan BJTD Ø18,33 mm yang berkarat *dicoating epoxy*.

Pembahasan Hasil Penelitian

Ada perbedaan nilai kuat lekat yang signifikan antara beton yang menggunakan baja tulangan tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi yang *dicoating epoxy*.

Dari pengujian hipotesis terhadap data kuat lekat menghasilkan perbedaan kuat lekat pada penggunaan baja tulangan tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi yang *dicoating epoxy*. Letak perbedaan tersebut terjadi pada perlakuan A-B dan perlakuan B-C. Pada perlakuan pertama, beton f'c 40 MPa yang menggunakan baja tulangan deformasi Ø18,33 mm tidak berkarat

telah menghasilkan kuat lekat tertinggi pada harga 87,55 kg/cm² dan terendah pada harga 79,00 kg/cm² (pada umur 28 hari).

Perbedaan harga-harga tersebut dimungkinkan oleh faktor mekanis secara umum yang terjadi pada saat pengerjaan pengecoran dan perawatan spesimen. Pada saat pengecoran, ada posisi baja tulangan yang kurang tepat berada pada titik pusat benda uji, sebelum proses *curing* dilakukan pada tempat yang ditentukan, pengangkutan specimen kurang hati-hati, proses membuka cetakan dan terbenturnya antar specimen dapat menimbulkan terjadinya geser pada baja tulangan dengan beton juga efek griping yang tidak sempurna antara pasta beton dengan baja tulangan akibat penggentaran yang kurang baik.

Pada perlakuan kedua, kuat lekat dihasilkan pada harga tertinggi 71,83 kg/cm² dan terendah pada 43,07 kg/cm². Perbedaan rank data hasil pengujian tersebut selain dipengaruhi oleh faktor-faktor yang disebut pada perlakuan pertama di atas, juga karena kondisi fisik batang baja tulangan tersebut, serangan korosi tidak merata menyerang pada seluruh ruas permukaan, ada bagian permukaan yang menderita lebih besar terkorosi hingga sirip deformasian terkikis habis dan membentuk bongkahan/lubang dan ada pula yang serangan korosinya tidak sampai menyebabkan sirip deformasian rusak terkikis.

Pada perlakuan ketiga, harga kuat lekat tertinggi dicapai pada 78,80 kg/cm² dan terendah pada harga 74,23 kg/cm². Hasil tersebut menunjukkan bahwa penggunaan zat epoxy yang dicoatingkan pada baja tulangan beton dapat meningkatkan efek *bonding*.

Dilihat dari perbandingan nilai kuat lekat, penggunaan baja tulangan berkarat pada beton f'c 40 MPa telah terjadi penurunan nilai kekuatan lekat sebesar 27%. Penurunan nilai kuat lekat pada beton yang menggunakan baja tulangan berkarat dapat diminimalisir dengan upaya perlindungan terhadap serangan karat yang berlanjut sekaligus mempertahankan efek *bonding* (lekat) dengan mengcoating tulangan tersebut memakai epoxy.

Pada penelitian ini digunakan epoxy dengan merk TESACREATE FM yang direncanakan akan digunakan pada proyek tempat penyusun melakukan studi kasus. Dari hasil penggunaan epoxy pada baja tulangan berkarat berhasil dikurangi tingkat penurunan kuat lekat sebesar 6,9%.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, yaitu ; ada perbedaan nilai kuat lekat yang signifikan antara beton yang menggunakan baja tulangan tidak terkorosi, terkorosi dan terkorosi *dicoating* epoxy, maka ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Jika menggunakan baja tulangan yang terkorosi berat dalam konstruksi beton harus dilakukan upaya perbaikan dan perlindungan terhadap baja tulangan tersebut. Upaya perbaikan dan perlindungan ini dilakukan untuk menghentikan proses korosi pada baja tulangan dan mengupayakan kualitas lekatan beton dengan baja tulangan dapat tetap berlangsung dengan baik.
2. Penggunaan epoxy yang *dicoating* pada baja tulangan terkorosi dapat memperbaiki efek lekatan. Hal ini adalah salah satu fungsi dari epoxy tersebut, selain untuk anti korosi juga terbukti sebagai media perbaikan efek lekatan pada baja tulangan yang terkorosi.
3. Kombinasi penggunaan beton mutu tinggi dan *mengcoating* baja tulangan terkorosi dengan epoxy dapat meningkatkan efek lekatan lebih baik. Material beton mutu tinggi lebih getas dari beton normal. Hal ini menyebabkan efek bonding beton dapat bekerja lebih baik.

Saran

Berdasarkan kesimpulan penelitian ini, peneliti dapat memberikan saran sebagai berikut :

1. Disarankan baja tulangan untuk pembuatan struktur beton terbebas dari korosi berat.
2. Jika tetap menggunakan baja tulangan terkorosi, maka agar diupayakan perlakuan tambahan untuk melindungi keberlanjutan proses korosi dan mengindahkan efek lekatan.
3. Penggunaan beton mutu lebih tinggi dari mutu beton struktur sebelumnya dianjurkan pada baja tulangan terkorosi di proyek yang tertunda.

Daftar Pustaka

- Departemen Perindustrian, *Mutu Dan Cara Uji Baja Tulangan Beton*, Jakarta: Departemen Perindustrian, 1980.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Metode Pengujian Kuat Tarik Baja Beton*, Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1990.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Tata Cara Pembuatan Rencana Campuran Beton Normal*, Bandung: Yayasan LPMB Bandung, 1990.
- Departemen Pekerjaan Umum, *Metode Pengujian Untuk Membandingkan Berbagai Beton Berdasarkan Kuat Lekat Yang Timbul Terhadap Tulangan*, Jakarta: Yayasan Badan Penerbit Pekerjaan Umum, 1990.
- Dipohusodo, Istimawan. *Struktur Beton Bertulang*, Jakarta: Gramedia, 1996.
- G. Nawi, Edward. *Beton Bertulang*, Bandung: Eresco, 1990.
- Khasani, Imam Soemanto. *Korosi Dan Pengendaliannya*, Jakarta: Logam Nusantara-Edisi ke-3, 1992.
- Vis, W.C., dan Kusuma, Gideon. *Dasar-Dasar Perencanaan Beton Bertulang*, Jakarta: Erlangga, 1993
- Wang, Chu Kia., dan Solmon, Charles G. *Disain Beton Bertulang*, Jakarta: Erlangga, 1993.
- Wahyudi, L., dan Rahim, Syahril A. *Struktur Beton Bertulang*, Gramedia Pustaka Utama, 1999.
- Salman, Agus. *Korosi Dan Cara Penanggulangannya*, Jakarta: Konstruksi, Februari 1995.
- Sulaiman, A. *Dasar-Dasar Korosi*, Jakarta: LMN-LIPI, 1997.
- Susilorini, M.I. Retno. *Fenomena Lekatan Pada Beton Mutu Tinggi*, Surabaya: Jurnal Sipil Soepra-Volume 2 No.4, 2000.