

KAJIAN MUTU BAJA TULANGAN SIRIP YANG TELAH TERKOROSI SEPULUH TAHUN

Kirman M. dan Supriadi

Abstract

Deformed bars steel is used on the structures as reinforcement for increasing strength and safety of structures and human in surrounding. Construction processes of a concrete structure are usually delayed for several years due to some reasons. Deformed bars steel that are not completed be covered by concrete it will become corroded by natural environment. Effect of corrosion to the quality of bars steel are need to assess base on the quality requirement of Indonesia national standard (SNI 07-2052-2002). The Quality requirement items on the standard that are possible affected by corrosion are tensile, bending, and dimension. Furthermore, performance of deformed bars steel after ten years corrosion are need to be evaluated. Assessment results presented that the deformed bars steel are corroded by general corrosion that caused an increasing of surface roughness of bars steel. The increasing of roughness will increase the bond strength. And the corroded deformed bars steel are still comply to the SNI standard with BJTS-40 class.

Keywords: quality, deformed, bars, steel, BJTS, corrosion, SNI

1. PENDAHULUAN

Wilayah Indonesia adalah salah satu wilayah di dunia yang rawan terjadi gempa bumi sehingga bangunan konstruksi harus didisain tahan terhadap terjadinya goyangan akibat gempa bumi. Salah satu cara memperkuat bangunan terutama bangunan konstruksi beton yang dikenal luas adalah dengan menggunakan baja tulangan sebagai penguat. Karena penggunaan baja tulangan sangat terkait erat dengan keamanan dan keselamatan bangunan dan terutama orang-orang disekitarnya maka pemerintah telah menetapkan bahwa baja tulangan yang diproduksi dan digunakan di Indonesia wajib memenuhi standar mutu baja tulangan beton berdasarkan standar Nasional Indonesia, SNI 07-2052-2002.

Pembuatan baja tulangan adalah dengan proses canai panas. Pembuatan dilakukan dengan memanaskan billet dalam pemanas sampai temperatur $\pm 1300^{\circ}\text{C}$ untuk memperoleh sifat plastisitas yang baik sehingga mempermudah proses pencanaian. Billet yang telah dipanaskan dimasukkan dalam pasangan mesin roll, setiap pasangan roll mereduksi luas penampang dan memperpanjang batang baja. Untuk produksi baja tulangan sirip pada roll terakhir umumnya diberi profil untuk memberi bentuk standar baja tulangan sirip. Baja yang keluar dari roll terakhir memiliki temperatur 700°C - 900°C yang kemudian mengalami proses pendinginan udara sampai temperatur ruang^[1].

Baja tulangan terdiri atas baja tulangan polos dan baja tulangan sirip. Baja tulangan polos khususnya digunakan untuk dowels spiral, dan

pendukung struktur. Baja tulangan deform digunakan untuk struktur yang memerlukan kekuatan yang lebih tinggi sehingga permukaan batang terdapat sirip-sirip yang berfungsi menghalangi terjadinya pergerakan baja tulangan pada arah longitudinal terhadap beton.

Produksi baja tulangan telah dilakukan oleh produsen yang berlokasi di Cilegon, Surabaya, serta di Jakarta dan sekitarnya. Baja tulangan yang akan dipasarkan harus memenuhi standar yang telah ditetapkan melalui pengujian dengan menggunakan mesin yang telah dikalibrasi. Penyimpangan dari ketentuan tersebut selain merugikan konsumen juga dapat membahayakan keselamatan bangunan. Bentuk dan ukuran dari baja tulangan ditentukan oleh standar yang berlaku. Untuk industri baja di Indonesia secara garis besar standar yang dipergunakan adalah SII.136-1980^[2] dan setelah diperbaharui beberapa kali dan terakhir menjadi SNI 07-2052-2002^[3].

Ketentuan keamanan dan keselamatan, regulasi serta kesadaran konsumen terhadap mutu produksi menuntut dilaksanakannya pengujian mutu dari baja tulangan sebelum digunakan dalam konstruksi atau penggunaan lainnya. Oleh karena itu kehadiran lembaga penelitian dan pengujian sangat membantu industri dan konsumen dalam hal pengujian dan pengontrolan mutu baja tersebut

Pengontrolan mutu dan pengujian baja tulangan dilakukan untuk mengetahui karakteristik mekanis baja dan dimensi yang dibutuhkan. Hasil-hasil yang didapat dievaluasi untuk mengklasifikasikan mutu baja tulangan beton tersebut dengan mengacu pada standar yang berlaku.

Beberapa pihak memiliki keterkaitan dalam pengawasan mutu baja tulangan beton ini yaitu, pihak produsen yang menghasilkan baja tulangan, pihak konsumen yang ingin memastikan mutu produk yang akan digunakan pada bangunannya, pihak laboratorium uji sebagai lembaga yang menguji baja tulangan tersebut, serta ketentuan pemerintah berupa standar yang telah ditetapkan.

Kasus yang berkaitan dengan baja tulangan yang sering terjadi dan banyak ditemukan di masyarakat adalah terhentinya suatu proses pembangunan konstruksi beton dengan menggunakan baja tulangan, dimana pada saat itu baja tulangan belum seluruhnya terbungkus oleh beton sehingga sangat mudah terjadi korosi oleh lingkungan yang korosif.

Salah satu kasus seperti yang disebutkan di atas yang menjadi bahan penelitian ini adalah baja tulangan sirip (BJTS) yang digunakan sebagai tulangan penguat (*reinforcement*) pada bangunan konstruksi beton pondasi silo pada PT. Sriboga Ratu Raya - Semarang yang telah mengalami korosi selama sepuluh tahun karena pembangunan mengalami kemacetan atau berhenti karena sesuatu alasan. Akibatnya baja tulangan yang belum sempat terbungkus oleh beton terdegradasi oleh lingkungan seperti air hujan selama sepuluh tahun. Untuk mengetahui pengaruh korosi selama 10 tahun tersebut terhadap mutu baja tulangan berdasarkan syarat mutu SNI 07-2052-2002 maka perlu dilakukan serangkaian pengujian secara makro dan mikro dan analisa hasil pengujian.

2. BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Bahan yang menjadi bahan penelitian adalah baja tulangan terkorosi selama sepuluh tahun. Sampel yang dipilih adalah 3 macam dengan diameter nominal dan bentuk sirip yang berbeda yaitu:

- Diameter 19 mm, sirip miring
- Diameter 19 mm, sirip bambu
- Diameter 25 mm, sirip bambu

Metoda penelitian yang digunakan dalam mengkaji mutu baja tulangan yang telah terkorosi adalah dengan melakukan pengkajian sifat mekanik, pemeriksaan dimensi, pengkajian secara makro dan mikro terhadap baja tulangan.

Lingkup dan tahapan pekerjaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Seleksi dan preparasi benda uji
- Karakterisasi sifat tarik
- Karakterisasi sifat lengkung

- Pengukuran dimensi
- Analisa makro dan mikrostruktur
- Menarik kesimpulan dan saran

2.1 Kajian Sifat Tarik

Kajian tarik baja tulangan beton yang telah terkorosi dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik baja tulangan yaitu tegangan yield, kuat tarik, dan elongasi. Sifat mekanik tersebut menjadi salah satu dasar penentuan apakah material dasar tersebut masih cukup bermutu berdasarkan standar mutu SNI. Cara uji tarik berdasarkan standar SNI 07-0408-1989^[4]

2.2 Kajian Sifat Lengkung

Untuk mengetahui sifat lengkung baja tulangan, apakah dengan korosi sepuluh tahun maka baja tulangan menjadi mudah patah jika dilakukan proses bending. Korosi lubang yang parah dapat mengakibatkan baja tulangan menjadi mudah patah sebab dengan terbentuknya lubang yang dalam pada permukaan dapat mengakibatkan terjadinya konsentrasi tegangan pada lubang. Cara uji lengkung berdasarkan SNI 0410-1989^[5].

2.3 Kajian Dimensi

Pengujian ini ditujukan untuk mengetahui diameter efektif dan diameter dalam baja tulangan. Metode pengukuran diameter efektif adalah proses penimbangan baja tulangan. Untuk menghilangkan pengaruh berat karat terhadap hasil penimbangan maka karat yang menempel pada baja tulangan dibersihkan terlebih dahulu sebelum ditimbang. Dari hasil pengujian ini akan diketahui apakah korosi yang terjadi selama sepuluh tahun mengakibatkan pengurangan diameter secara signifikan.

Pengkajian dimensi sirip juga perlu dilakukan sebab dimensi sirip adalah merupakan salah satu syarat mutu baja tulangan sirip berdasarkan SNI. Sedangkan serangan korosi pada baja tulangan sirip berpotensi mengurangi ukuran tinggi sirip.

2.4 Kajian Metalography

Pemeriksaan metalography dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui struktur material secara mikro dan makro, bentuk dan ukuran butiran material dasar serta ketebalan produk korosi pada permukaan. Disamping itu pengujian ini juga bertujuan untuk mengetahui terjadinya korosi lubang dan korosi antar butiran (*intergranular corrosion*). Cacat material dasar

seperti inklusi selama proses pembuatan baja tulangan dan Kehadiran retak mikro yang berpotensi sebagai awal perambatan retak juga dapat tampak dengan jelas. Bentuk permukaan baja dapat dilihat secara makro untuk melihat kekesaran permukaan.

Urutan prosedur pelaksanaan pengujian adalah mounting sample, polishing sampai tingkat kehalusan yang cukup, etching, dan selanjutnya gambar struktur mikro dilihat dan diphoto pada mikroskop sesuai dengan pembesaran yang diinginkan.

2.5 Kajian Topography Permukaan

Analisa makro dilakukan pada permukaan baja tulangan dengan menggunakan stereo

mikroskop. Tujuan analisa adalah mempelajari topography permukaan baja tulangan yang terdegradasi oleh korosi selama sepuluh tahun sebagai informasi tambahan yang berguna dalam menentukan mutu baja tulangan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil uji tarik dapat dilihat pada Tabel 1 yang mana data hasil pengujian kemudian dibandingkan dengan nilai syarat mutu standar SNI 07-2052-2002 yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Uji Tarik Baja Tulangan yang Telah Terkorosi

No	Diameter (mm)	Ao (mm ²)	Fe (kN)	Fm (kN)	σ_y (N/mm ²)	σ_u (N/mm ²)	ϵ (%)	Kode	Ket.	
1	19	283.4	125.0	170.0	441	600	19.1	TERKOROSI	BJTS 40	SIRIP MIRING
2	19	283.4	115.0	170.0	406	600	23	TERKOROSI	BJTS 40	SIRIP BAMBU
3	25	490.6	220.0	297.5	448	606	21	TERKOROSI	BJTS 40	SIRIP BAMBU

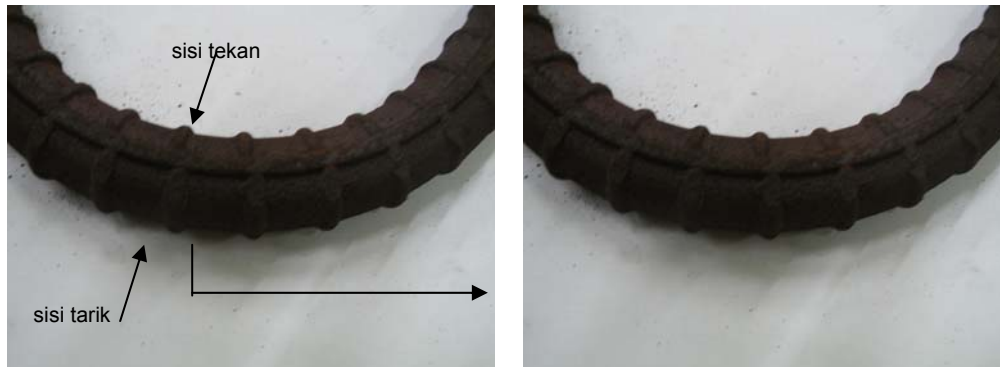
Keterangan : Ao = Luas penampang Fm = Beban tarik σ_y Kuat luluh
 Fe = Beban luluh ϵ = Elongasi σ_u Kuat tarik

Tabel 2 Klasifikasi baja tulangan menurut SNI 07-2052-2002^[3]

No.	Kelas Baja Tulangan	SIFAT MEKANIS					
		Batas Ulur Min. N/mm ²	Kuat Tarik Min. N/mm ²	Nomor batang uji	Regang Min. %	Sudut Lengkung	Diameter Lengkung
Polos	1 BJTP 24	235	382	No. 2	20	180°	3 x d
				No. 3	24		
	2 BJTP 30	294	440	No. 2	18	180°	d ≤ 16 = 3 x d d > 16 = 4 x d
				No. 3	20		
	1 BJTS 30	294	440	No. 2	16	180°	d ≤ 16 = 3 x d d > 16 = 4 x d
				No. 3	18		
Sirip	2 BJTS 35	343	490	No. 2	18	180°	d ≤ 16 = 3 x d 16 < d ≤ 40 = 4 x d d > 40 = 5 x d
				No. 3	20		
	3 BJTS 40	390	560	No. 2	16	180°	5 x d
				No. 3	18		
	4 BJTS 50	490	620	No. 2	12	90°	d ≤ 25 = 5 x d d > 25 = 6 x d
				No. 3	14		

Perbandingan tabel hasil uji dan tabel standar tersebut tabel menunjukkan bahwa ketiga sampel yang diuji semuanya menunjukkan hasil yang cukup baik sebab kuat luluh rata-rata 432 N/mm² dan kuat tarik rata-rata 602 N/mm², serta elongasi rata-rata 21%. Nilai-nilai tersebut memenuhi nilai minimal standar BJTS 40 yaitu kuat luluh 390N/mm², kuat tarik 560 N/mm², dan elongasi 18%.

Sedangkan hasil uji lengkung menunjukkan bahwa ketiga benda uji setelah dilengkung 180° berdasarkan standar SNI dan kemudian dievaluasi secara visual tidak terdeteksi adanya retak dipermukaan baja tulangan, baik pada sisi tarik maupun sisi tekan. Kondisi permukaan setelah uji lengkung ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Kondisi Permukaan pada Sisi Tarik Setelah Uji Lengkung

Menurut standar SNI 07-2052-2002 bahwa pembagian kelas baja tulangan terdiri atas empat kelas yaitu BJTS 30, BJTS 35, BJTS 40, dan BJTS 50. Sedangkan hasil pengujian menunjukkan bahwa kelas baja tulangan yang terkorosi adalah BJTS 40. Kelas BJTS 40 adalah kelas cukup baik dan umum terjadi pada baja tulangan yang masih baru atau tidak terkorosi.

Pengaruh serangan korosi pada baja tulangan sangat berpotensi mengurangi ukuran diameter dan tinggi sirip. Keduanya menjadi syarat mutu baja tulangan. Oleh karena itu pengukuran kedua parameter tersebut perlu dilakukan. Persamaan 1 adalah rumus yang digunakan untuk perhitungan diameter efektif baja tulangan sirip^[5]. Walaupun diameter efektif tidak menjadi syarat mutu pada SNI 07-2052-2002 tetapi untuk mengetahui pengaruh korosi terhadap perubahan diameter efektif maka pengkajian masalah ini perlu dilakukan:

$$d_{ef} \text{ (mm)} = 12.74 \sqrt{\frac{\text{berat(gram)}}{\text{panjang(mm)}}} \quad (1)$$

Dengan mensubstitusi berat dan panjang benda uji pada persamaan 1 maka diameter efektif dapat diketahui. Hasil uji yang diperoleh adalah bahwa untuk BJTS dengan diameter nominal 19 mm memiliki diameter efektif 18,55 mm untuk sirip mirip dan 18,60 mm untuk sirip bambu sedangkan untuk BJTS diameter nominal

25 memiliki diameter efektif 24,54 mm. Sedangkan menurut standar SNI 07-2052-1990 toleransi diameter BJTS untuk diameter nominal $16 \leq d \leq 28$ adalah $\pm 5\%$. Atau julat diameter efektif untuk diameter nominal 19mm adalah 18,54-19,50mm dan untuk diameter nominal 25mm julat diameter efektif adalah 24,37-25,63mm. Dengan demikian, diameter efektif sampel baja tulangan yang telah terkorosi selama sepuluh tahun masih memenuhi batasan diameter yang dipersyaratkan pada standar SII.0136-80.

Berdasarkan SNI 07-2052-2002, diameter yang dipersyaratkan untuk BJTS adalah diameter dalam. Untuk diameter nominal 19 mm, diameter dalam nominal adalah 17,8 mm dengan toleransi $\pm 0,5$ mm. Sedangkan untuk diameter nominal 25 mm, diameter dalam nominal adalah 23,6 mm dengan toleransi $\pm 0,6$ mm. Hasil pengukuran diameter dalam pada ketiga sampel adalah ditunjukkan pada Tabel 3, yang mana ketiga nilai tersebut memenuhi diameter dalam yang dipersyaratkan oleh SNI 07-2052-2002.

Hasil pengukuran tinggi sirip pada baja tulangan terkorosi setelah produk korosi dibersihkan pada permukaan ditunjukkan pada Tabel 3. Hasil ini menunjukkan bahwa ketiga sampel yang diuji memiliki tinggi sirip yang masih berada dalam julat tinggi sirip yang dipersyaratkan oleh SNI.

Tabel 3 Hasil Pengukuran Tinggi Sirip Melintang dan Diameter Dalam

No.	Diameter nominal (mm)	Tinggi sirip melintang menurut SNI 07- 2052- 2002 ^[3] (mm)		Hasil pengukuran tinggi sirip (mm)	Hasil pengukuran diameter dalam (mm)	Keterangan bentuk sirip
		Minimum	Maksimum			
1	19	1,0	1,9	1,1	17,90	Sirip miring
2	19	1,0	1,9	1,2	18,15	Sirip bambu
3	25	1,3	2,5	1,7	23,85	Sirip bambu

Dimensi sirip adalah merupakan salah satu syarat mutu baja tulangan berdasarkan SNI. Ukuran tinggi sirip akan berkurang dengan

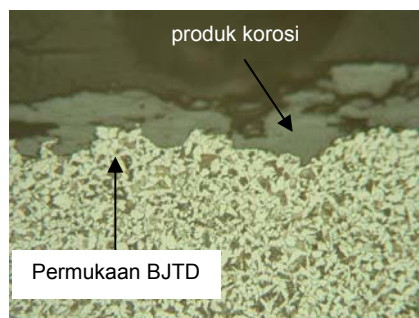
adanya serangan korosi. Sejaumana pengaruh korosi terhadap sirip perlu dilakukan pengkajian.



Gambar 2 Produk Korosi pada Permukaan Baja Tulangan yang Terkorosi Selama Sepuluh Tahun



Gambar 3 Kondisi Permukaan Baja Tulangan Setelah Produk Korosi Dibersihkan dengan Sikat Kawat



Gambar 4 Permukaan Baja Tulangan yang Sangat Kasar Akibat Serangan Korosi Umum

Hasil pengujian struktur dengan skala makro menunjukkan bahwa pada permukaan sampel baja tulangan sirip yang telah terkorosi seperti ditunjukkan pada gambar 2 sedangkan kondisi permukaan setelah produk korosi dihilangkan dari permukaan baja tulangan dengan menggunakan sikat kawat, diperlihatkan pada gambar 3.

Kekuatan ikat baja tulangan pada beton dapat dianggap sebagai tegangan atau gaya geser antara baja tulangan dan beton yang ada di sekelilingnya. Gaya pada baja tulangan ditransfer ke beton melewati suatu ikatan, atau sebaliknya. Ikatan tersebut terdiri atas tiga komponen^[6]:

- (a) adhesi kimia
- (b) Friksi
- (c) Interaksi mekanik antara baja dan beton

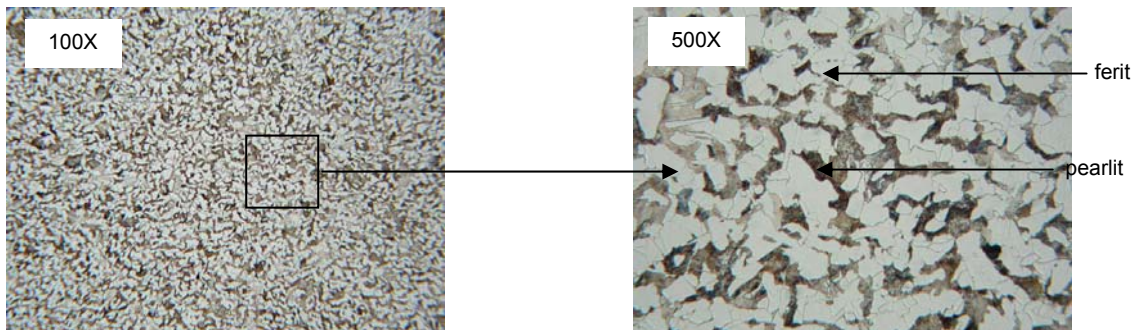
Kehadiran sirip pada baja tulangan sirip, menjadikan komponen ketiga merupakan komponen primer yang sangat penting untuk mendapatkan sifat ikatan yang superior, sedangkan komponen adhesi kimia dan friksi hanya merupakan komponen sekunder.

Hasil uji makrography memperlihatkan bahwa produk korosi pada permukaan baja tulangan tidak menempel secara kuat dan ketebalan produk korosi tidak signifikan. Kehadiran produk korosi tersebut pada permukaan baja tulangan akan memperlemah kekuatan ikatan karena antara baja tulangan dan beton terdapat penghalang sehingga komponen sekunder dalam ikatan baja-beton yaitu adhesi kimia dan friksi tidak bekerja maksimal. Tetapi setelah produk korosi dihilangkan dari permukaan ternyata permukaan baja tulangan menjadi sangat kasar. Peningkatan kekasaran permukaan identik dengan peningkatan gaya gesek (friksi) baja tulangan terhadap bidang slipnya yaitu beton. Dengan demikian peningkatan kekasaran permukaan akibat korosi

menjadikan sifat ikatan baja beton akan menjadi lebih superior.

Hasil uji metalography pada potongan melintang baja tulangan di sekitar permukaan ditunjukkan pada gambar 4. Hasil ini memperlihatkan bahwa permukaan baja tulangan sangat kasar akibat terjadinya korosi umum (*general corrosion*). Korosi umum adalah salah satu jenis korosi yang paling sering terjadi pada baja yang menyerang material secara seragam tanpa terjadi serangan secara lokal pada bidang tertentu^[7]. Serangan korosi akan menyebabkan pengurangan diameter baja tulangan pada laju yang relatif konstan dan merata pada seluruh permukaan yang kontak dengan lingkungan korosif. Oleh karena, ukuran diameter setelah terjadi korosi akan sama disepanjang baja tulangan Akibat lain dari korosi umum adalah terjadi permukaan yang menjadi kasar karena timbulnya lubang-lubang dangkal. Pada gambar 4 dapat dilihat bahwa permukaan baja tulangan tidak ditemukan adanya lubang dalam yang bisa terjadi akibat serangan korosi sumuran (*pitting corrosion*). Jenis korosi ini cukup berbahaya sebab dapat menurunkan nilai kekuatan tarik serta elongasi sebab lubang dalam yang terjadi akan menjadi tempat terjadinya konsentrasi tegangan yang cukup tinggi sehingga dapat menjadi posisi awal terjadi retak.

Jenis korosi lain yang mungkin terjadi tetapi tidak ditemukan adalah jenis korosi antar butir. Korosi jenis ini sangat berbahaya sebab serangan korosi terjadi pada batas butir sehingga kekuatan ikatan antar butir menjadi lemah sehingga dapat menjadi awal dan menjadi jalur pertumbuhan retak.



Gambar 5 Mikrostruktur Baja Tulangan, Fasa Ferrit-Pearlit yang Terdistribusi Merata, Etsa: 2% Nital

Informasi lain yang dapat diperoleh dari uji ini adalah bahwa ketebalan produk korosi pada permukaan tidak signifikan sehingga mudah dihilangkan dengan cara mekanis. Pada permukaan baja tulangan tidak terjadi dekarburisasi yang dapat menurunkan sifat mekanis.

Mikrostruktur baja tulangan adalah normal yang terdiri atas fasa ferit-pearlit^[8] yang terdistribusi secara merata dengan ukuran butir yang cukup halus seperti yang ditunjukkan pada gambar 5. Mikrostruktur seperti itu menunjukkan bukti bahwa material baja tulangan tidak pernah mengalami pemanasan berlebih oleh lingkungannya.

4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil kajian terhadap pemenuhan syarat mutu SNI dan tinjauan pustaka maka dapat disimpulkan dan disarankan sebagai berikut:

- a. Baja tulangan yang telah terkorosi selama sepuluh tahun pada lingkungan udara luar masih sesuai dengan standar mutu baja tulangan SNI 07-2052-2002.
- b. Korosi yang terjadi adalah korosi umum (*general corrosion*) dengan tingkat ketebalan produk korosi atau karat tidak signifikan dan mudah dihilangkan dengan sikat kawat.
- c. Korosi umum menyebabkan permukaan baja tulangan menjadi kasar sehingga dapat meningkatkan daya ikat baja tulangan terhadap beton
- d. Untuk melanjutkan pembangunan, konstruksi beton yang terhenti sehingga terdapat baja tulangan terkorosi maka disarankan produk korosi yang menempel pada permukaan baja tulangan dibersihkan terlebih dahulu dengan menggunakan sikat kawat untuk mendapatkan daya ikat (*bond strength*) yang maksimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lutz, L.A. dan Gergely, P., Mechanics of Bond and Slip Deformed Bars in Concrete, ACI Journal, 1967.
2. Mars G. Fontana, Corrosion Engineering, third Edition, McGraw-Hill Book Co. (1986).
3. McGannon, Harold., The Making Shaping and Treating Of Steel, United State Steel, 1970.
4. Metallography and Microstrucure, Metals Handbook Ninth Edition, vol. 9, American Society for Metals, Metals Park, Ohio (1986).
5. SII 0136 - 84, Mutu dan Cara Uji Baja Tulangan Beton, Departemen Perindustrian, Jakarta, 1984.
6. SNI 07-2025-2002, Baja Tulangan Beton, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 2002.
7. SNI 07-0408-2002, Cara uji tarik untuk logam, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 1989.
8. SNI 07-0410-1989, Cara uji Lengkung Tekan, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta, 1989.

BIODATA

Kirman M., menamatkan pendidikan S1 di Universitas Hasanuddin dalam bidang Teknik Mesin tahun 1990, dan pendidikan S2 di program kerjasama master antara Queensland University of Technology (QUT) dan Universitas Indonesia dalam bidang Metalurgi Material tahun 2001. Saat ini bekerja sebagai staf peneliti material konstruksi pada bidang material konstruksi B2TKS BPPT, Puspiptek Serpong.

Supriadi, menamatkan pendidikan S1 di Sekolah Tinggi Teknologi Mutu Muhamadiyah dalam bidang Teknik Fisika Instrumentasi padat tahun 2002. Saat ini bekerja sebagai staf peneliti material konstruksi pada bidang pengujian material B2TKS BPPT, Puspiptek Serpong.