

DAFTAR PUSTAKA

- Ana Bras, *et. Al.* 2012. Development of an injectable grout for concrete repair and strengthening. *Cement & Concrete Composites*. Elsevier
- Annisa, Andi Safirah. 2021. Failure Pattern Analysis Of Reinforced Concrete Beams Strengthened With Mortar Grouting And Pva Fiber. Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Badan Standard Nasional Indonesia. 2002. SNI-03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. SNI 03-6825-2002 Metode Pengujian Kekuatan Tekan Mortar Semen Portland Untuk Pekerjaan Sipil. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2011. SNI 4431:2011 Cara Uji Kuat Lentur Beton Normal Dengan Dua Titik Pembebanan. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2014. SNI 2491:2014 Metode Uji Kekuatan Tarik Belah Spesimen Beton Silinder. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. 2017. SNI 2052:2017 Baja Tulangan Beton. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional.
- Basil, Al-Shathr S., Haider A. Abdulhameed, Mohammed M. Mahdi. 2022. Effect of Wire Mesh Type on Strengthening Reinforced Concrete Beams. *Engineering and Technology Journal*, 40: 759-768.
- Fakhrudin. 2023. Perbaikan dan Perkuatan Struktur Beton Bertulang. Makassar. Nas Media Pustaka.
- Fernanda, Dedi, Mohd Isnaeni, Fikri Alami. 2019. Studi Eksperimental Perkuatan Balok Beton Bertulang dengan Wiremesh dan GFRP. *JRSSD* 7(1): 27-36.
- Gang Peng, *et Al.* 2021. Experimental study of the interfacial bond strength between cementitious grout and normal concrete substrate. *Construction and Building Materials* 273. Elsevier.
- Gang Peng, *et. Al.* 2022. Experimental and theoretical study on the flexural behavior of RC beams strengthened with cementitious grout. *Engineering Structures* 273. Elsevier.



- Ju-Seong, Bang Yeon Lee, Kang-Seok Lee. 2019. Experimental Study on the Structural Performance Degradation of Corrosion-Damaged Reinforced Concrete Beams. Hindawi.
- Mahmood, Noor KH, Assim M. Lateef. 2021. Effect of Corrosion Longitudinal Steel Bars on the Flexural Strength of RC Beams. Tikrit Journal of Engineering Sciences 28 (2): 44-53.
- Mansur, Achmad, *et. Al.* 2024. Study of Post-Spalling Reinforced Concrete Beam Repair Using Grouting and GFRP Reinforcement. Civil Engineering Journal.
- Maulidya, Yuqni. (2022). *Perilaku Lentur Perkuatan Balok Beton Bertulang Dengan Grouting Dan GFRP Sheet*. Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Mulyadi, Anggi Ahmad, Eko Walujodjati. 2022. Pengaruh Korosi Tulangan Secara Alami pada Balok Beton Bertulang Terhadap Kuat Lentur dan Geser. Jurnal Konstruksi Vol. 19; No. 2; Hal 299-310.
- Muslimin, Muhammad Ikhsan. 2023. Tingkat Korosi Plat Baja Akibat Pengaruh Lingkungan Pesisir Pantai. Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- R. Mao, Z. Luo, Y. Wang, X. Hu. Experimental Analysis Of Bond Performance Of Concrete Strengthened With High-Strength Steel-Wiremesh. J. Civ. Environ. Eng. 39 (03) (2017) 13-19.
- Said, Sugira. 2023. Study Strengthening Reinforced Concrete Beams Post Corrosion with Grouting and GFRP Sheet. Tesis Program Studi Departemen Teknik Sipil, Universitas Hasanuddin.
- Saidi, T., Hasan, M., Amalia, Z., & Bakri, N. S. A. (2021). Kapasitas maksimum balok beton bertulang yang diperkuat dengan natural fiber reinforced polymer berbahan serat abaka. *Konferensi Nasional Teknik Sipil*, 15.
- Sakhir, Amadou, Toshiyuki Kanakubo. 2022. Impact of Corrosion on the Bond Strength between Concrete and Rebar: A Systematic Review. *Materials*. MDPI
- X. P. Hu, G. Peng, D.T. Niu, X. Wu, L. Zhang. Bond Behavior Between Deformed Steel Bars And Cementitious Grout. *Constr. Build. Mater.* 262 (2020) 120810.



, Djarir, *et. Al.* 2023. New Anchorage Technique for GFRP Flexural rengthening of Concrete Beams Using Bolts-End Anchoring System. *ternational Journal of Concrete Structures and Materials*.

LAMPIRAN

1. Perhitungan Kebutuhan Awal

Kapasitas Balok Sebelum Mengalami *Spalling*

Data Analisis :

- Kuat tekan beton (f'_c) = 25 MPa
- Kuat leleh tulangan tarik (f_y) = 420 MPa
- Kuat leleh tulangan tekan (f_y') = 280 MPa
- Kuat leleh tulangan transversal (f_{ys}) = 280 MPa
- Tinggi efektif penampang (d) = 162 mm
- Jarak tul. tekan ke serat tekan terluar (d') = 38 mm
- Luas tulangan tarik (A_s) = 398.20 mm²
- Luas tulangan tekan (A_s') = 157.08 mm²
- Luas tulangan transversal (A_{vs}) = 100.53 mm²

Kapasitas Lentur (Mn)

$$C_c + C_s = T_s$$

$$(0.85 \times f'_c \times a \times b) + (A_s' \times f_y') = (A_s \times f_y)$$

$$a = \frac{(A_s \times f_y) - (A_s' \times f_y')}{0.85 \times f'_c \times b}$$

Dimana:

C_c = gaya tekan pada beton (kN),

C_s = gaya tekan pada tulangan (kN),

T_s = jumlah gaya total dari tulangan tarik (kN),

a = tinggi balok tekan equivalen (mm)

Diperoleh:



$$a = \frac{(398.20 \text{ mm}^2 \times 280 \text{ MPa}) - (157.08 \text{ mm}^2 \times 420 \text{ MPa})}{0.85 \times 25 \text{ MPa} \times 150 \text{ mm}}$$

$$a = 14.28 \text{ mm}$$

Pengecekan tulangan tarik:

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \varepsilon_c$$

$$f'_c < 25 \text{ MPa maka } \beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{14.28}{0.85} = 16.80$$

$$\varepsilon_s = \frac{162-16.8}{16.8} \times 0.03 = 0.26$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{\varepsilon_s} = \frac{280 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} = 0.0014$$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ maka tulangan tarik telah mencapai titik leleh sehingga,

$$Mn = T_s \times J_d$$

$$Mn = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

Diperoleh :

$$Mn = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

$$Mn = 398.20 \text{ mm}^2 \times 280 \text{ MPa} \times \left(162 \text{ mm} - \frac{14.28}{2}\right)$$

$$Mn = 17.26 \text{ kNm}$$

Kapasitas Balok Setelah Mengalami *Spalling*

Data Analisis :

- Kuat tekan beton (f'_c) = 25 MPa
- Kuat leleh tulangan tarik (f_y) = 420 MPa
- Kuat leleh tulangan tekan ($f_{y'}$) = 420 MPa
- Kuat leleh tulangan transversal (f_{ys}) = 280 MPa
- Tinggi efektif penampang (d) = 162 mm
- Jarak tul. tekan ke serat tekan terluar (d') = 38 mm
- Luas tulangan tarik (A_s) = 197.69 mm²
- Luas tulangan tekan ($A_{s'}$) = 157.08 mm²
- Luas tulangan transversal (A_{vs}) = 100.53 mm²



; Lentur (M_n)

$$C_c + C_s = T_s$$

$$(0.85 \times f'_c \times a \times b) + (A'_s \times f'_y) = (A_s \times f_y)$$

$$a = \frac{(A_s \times f_y) - (A'_s \times f'_y)}{0.85 \times f'_c \times b}$$

Dimana:

C_c = gaya tekan pada beton (kN),

C_s = gaya tekan pada tulangan (kN),

T_s = jumlah gaya total dari tulangan tarik (kN),

a = tinggi balok tekan equivalen (mm)

Diperoleh:

$$a = \frac{(A_s \times f_y) - (A'_s \times f'_y)}{0.85 \times f'_c \times b}$$

$$a = \frac{(197.69 \text{ mm}^2 \times 420 \text{ MPa}) - (157.08 \text{ mm}^2 \times 420 \text{ MPa})}{0.85 \times 25 \text{ MPa} \times 150 \text{ mm}}$$

$$a = 5.35 \text{ mm}$$

Pengecekan tulangan tarik:

$$\varepsilon_s = \frac{d-c}{c} \times \varepsilon_c$$

$$f'_c < 25 \text{ MPa maka } \beta_1 = 0.85$$

$$c = \frac{a}{\beta_1} = \frac{5.35}{0.85} = 6.29$$

$$\varepsilon_s = \frac{162-6.29}{6.29} \times 0.003 = 0.074$$

$$\varepsilon_y = \frac{f_y}{\varepsilon_s} = \frac{420 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} = 0.0021$$

$\varepsilon_s > \varepsilon_y$ maka tulangan tarik telah mencapai titik leleh sehingga,

$$Mn = T_s \times J_d$$

$$Mn = A_s \times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$

1 :

$$\times f_y \times \left(d - \frac{a}{2}\right)$$



$$M_n = 197.69 \text{ mm}^2 \times 420 \text{ MPa} \times \left(162 \text{ mm} - \frac{5.35}{2}\right)$$

$$M_n = 13.22 \text{ kNm}$$

Kapasitas Balok Setelah Dilakukan Perbaikan

Pada saat pengujian didapatkan beban maksimum sebesar 22.32kN. Maka didapatkan nilai kapasitasnya sebesar

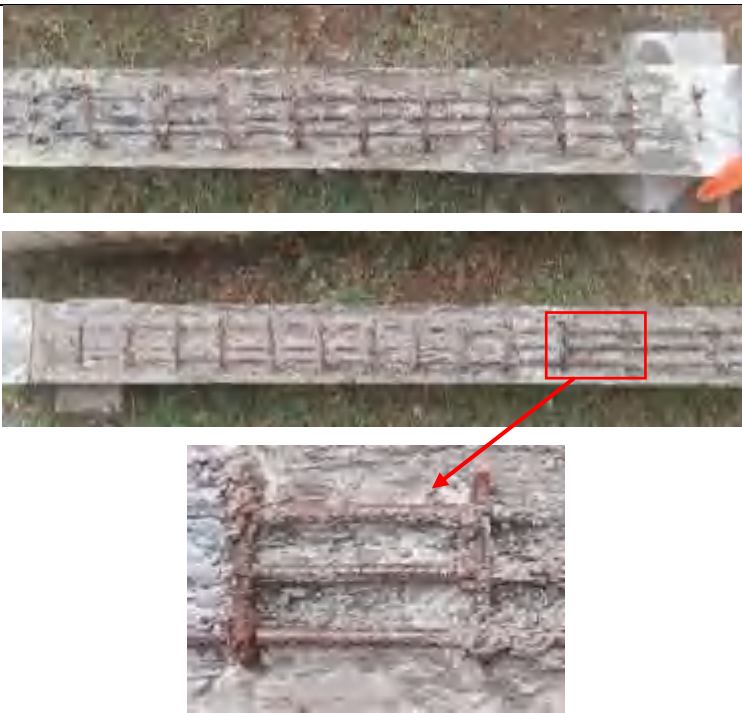
$$M_n = 0.6P + 0.8018$$

$$M_n = 14.19 \text{ kNm}$$

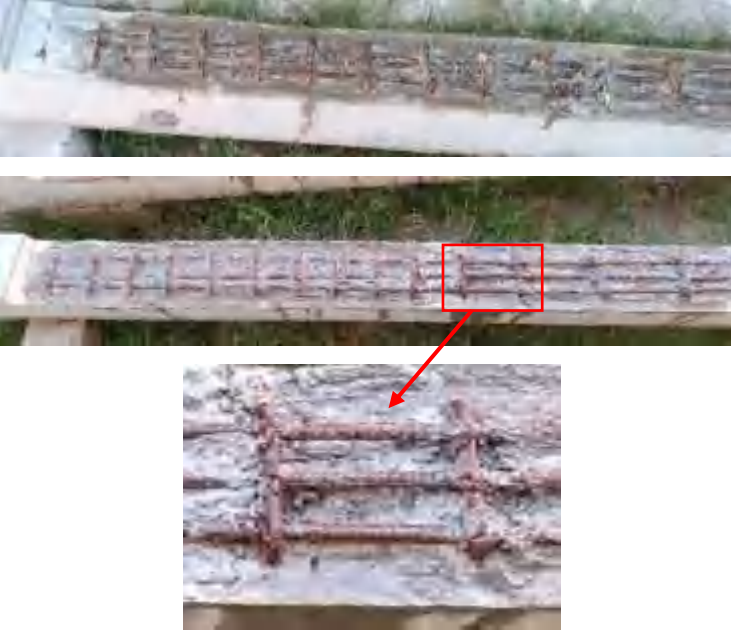
Maka dapat disimpulkan setelah balok mengalami korosi kapasitasnya berada dibawah dari kebutuhan awal, dan setelah diperbaiki menggunakan *grouting*, *wiremesh*, dan *dynabolt* kapasitas balok belum mampu mencapai kebutuhan awalnya.



2. Dokumentasi Perubahan Warna Korosi

Tanggal	Dokumentasi	Deskripsi
NOVEMBER		
15-11-23		Kondisi awal tulangan. Mulai muncul perubahan warna namun sebagian besar tulangan masih berwarna abu-abu.
16-11-23		Korosi mulai muncul pada bagian sirip ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi coklat muda. Setelah : 1 Hari



21-11-23		Korosi mulai muncul pada bagian sirip ditandai dengan adanya perubahan warna menjadi coklat muda. Masih terdapat beton yang menempel pada permukaan tulangan. Setelah : 5 Hari
25-11-23		Korosi mulai muncul pada bagian badan tulangan ditandai dengan perubahan warna menjadi coklat muda. Namun masih ada beberapa bagian yang belum berkarat. Setelah : 4 Hari
DESEMBER		
7-12-23		Korosi sudah menutupi secara keseluruhan pada tulangan ditandai dengan perubahan warna menjadi warna



		coklat muda yang menyelimuti keseluruhan bagian tulangan. Setelah : 12 Hari
20-12-23		Korosi sudah menutupi secara keseluruhan pada tulangan ditandai dengan perubahan warna menjadi warna coklat muda. Beton yang menempel pada tulangan sudah mulai terkelupas Setelah : 13 Hari
JANUARI		
12-01-24		Mulai muncul kerak pada daerah tulangan yang mengalami korosi. Namun kerak yang timbul masih sedikit dan belum menutupi keseluruhan bagian tulangan.



		Setelah : 23 Hari
18-01-24	  	Mulai muncul kerak pada daerah tulangan yang mengalami korosi. Namun kerak yang timbul masih sedikit dan belum menutupi keseluruhan bagian tulangan. Kerak yang muncul membuat permukaan tulangan menjadi kasar. Perubahan warna yang terjadi menunjukkan dampak korosi yang lebih buruk dari bulan sebelumnya Setelah : 6 Hari
28-01-24	 	Mulai muncul kerak pada daerah tulangan yang mengalami korosi. Namun kerak yang timbul masih sedikit dan belum menutupi keseluruhan bagian tulangan. Setelah : 10 Hari



FEBRUARI

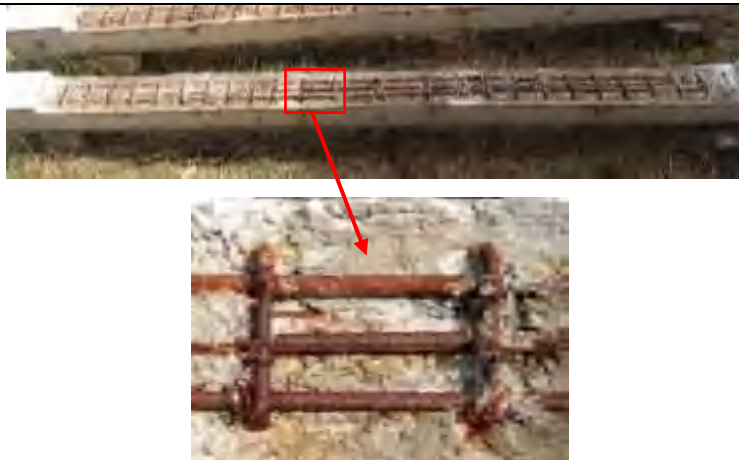
05-02-24



Mulai muncul kerak pada daerah tulangan yang lebih tebal dari bulan sebelumnya. Terjadi perubahan warna pada tulangan menjadi warna coklat kemerahan. Kondisi beton yang berada dibawah tulangan belum terpapar korosi dari tulangan.

Setelah : 8 Hari

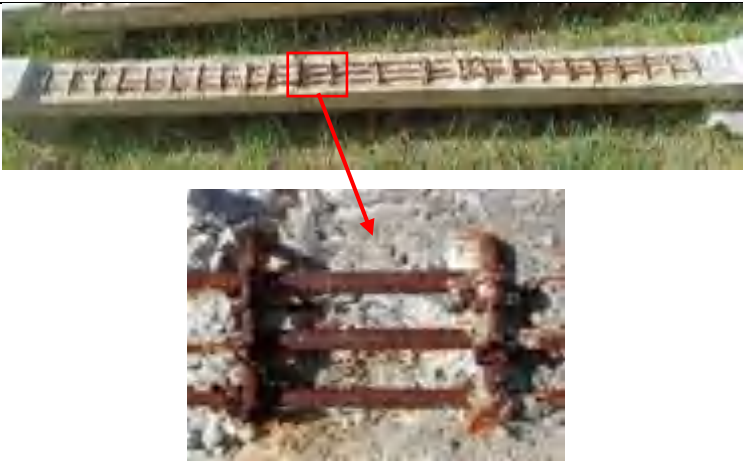
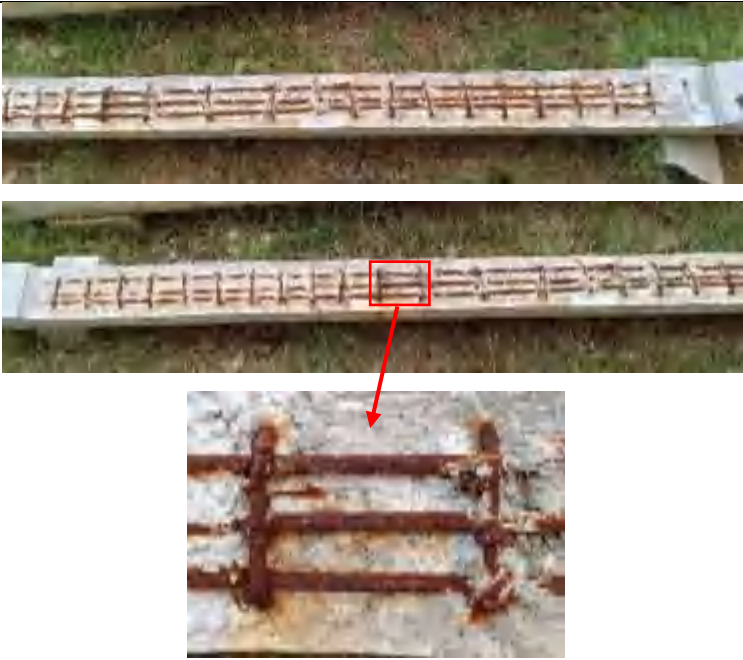
13-02-24



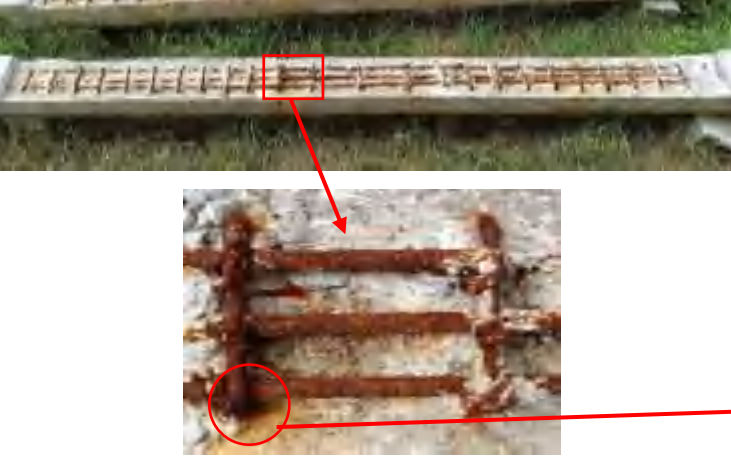
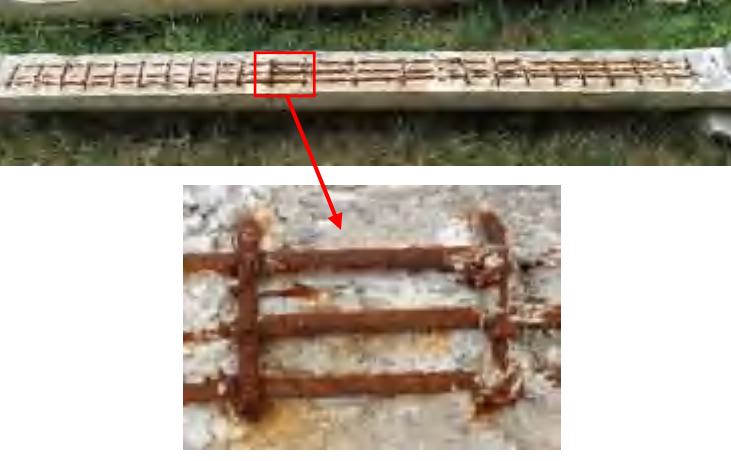
Mulai muncul kerak pada daerah tulangan yang lebih tebal dari bulan sebelumnya. Terjadi perubahan warna pada tulangan menjadi warna coklat kemerahan. Kondisi beton yang berada dibawah tulangan belum terpapar korosi dari tulangan.

Setelah : 8 Hari

Warna pada daerah tulangan sebagian besar sudah berwarna

		coklat kemerahan dan kerak yang muncul membuat permukaan tulangan menjadi kasar. Setelah : 6 Hari
27-02-24		Warna pada tulangan menjadi lebih gelap dari hari sebelumnya yang menunjukkan tulangan termasuk dalam karat yang lebih buruk. Setelah : 8 Hari
MARET		
04-03-24		Warna pada tulangan menjadi lebih gelap dari bulan sebelumnya yang menunjukkan tulangan termasuk dalam karat yang lebih buruk. Setelah : 6 Hari

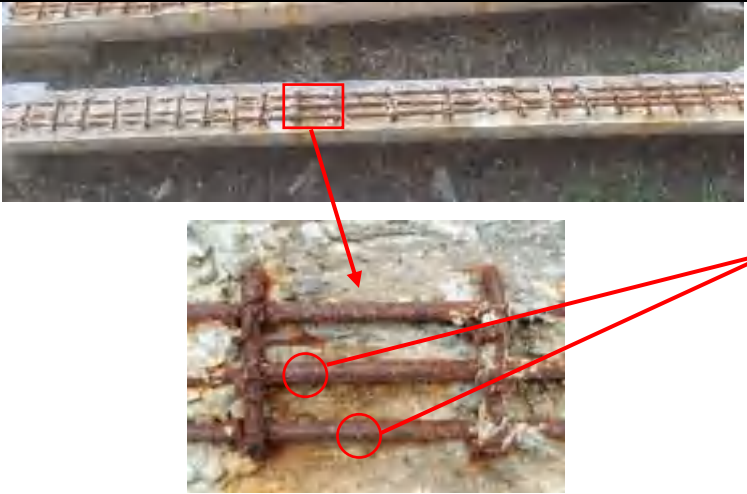


08-03-24		Warna pada tulangan menjadi lebih gelap dari bulan sebelumnya yang menunjukkan tulangan termasuk dalam karat yang lebih buruk. Terdapat bagian beton yang mulai terpapar korosi dari tulangan. Setelah : 4 Hari
13-03-24		Warna pada tulangan menjadi lebih gelap dari bulan sebelumnya yang menunjukkan tulangan termasuk dalam karat yang lebih buruk. Setelah : 5 Hari
15-03-24		Warna pada tulangan menjadi lebih gelap dari bulan sebelumnya yang menunjukkan tulangan termasuk dalam karat yang lebih buruk. Setelah : 2 Hari



20-03-24	 	Warna pada tulangan menjadi lebih gelap dari bulan sebelumnya yang menunjukkan tulangan termasuk dalam karat yang lebih buruk. Setelah : 5 Hari
26-03-24	 	Kerak pada bagian badan tulangan mulai membesar ditandai dengan bagian badan yang mulai sama dengan bagian sirip. Sehingga pada bagian sirip mulai tidak terlihat dan membuat tulangan mulai mengembang. Setelah : 6 Hari
28-03-24	 	Kerak pada bagian badan tulangan mulai membesar ditandai dengan bagian badan yang mulai sama dengan bagian sirip. Sehingga pada bagian sirip mulai tidak terlihat dan membuat



		tulangan mulai mengembang. Setelah : 2 Hari
APRIL		
03-04-24		Muncul bercak hitam pada bagian tulangan yang mengalami korosi. Bercak-bercak hitam menunjukkan adanya perubahan permukaan sampel oleh karena proses korosi. Setelah : 6 Hari
05-04-24		Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih buruk. Bagian karat menjadi warna coklat kehitaman. Setelah : 2 Hari
13-04-24		Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan

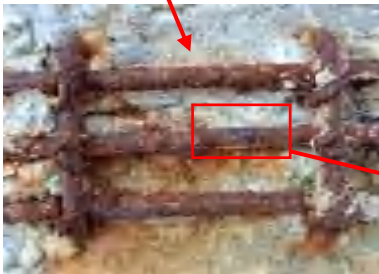


		tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih buruk. Bagian karat menjadi warna coklat kehitaman. Setelah : 8 Hari
16-04-24	 	Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih buruk. Setelah : 3 Hari
18-04-24	 	Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih buruk. Kerak sudah menutupi keseluruhan tulangan yang mengalami korosi. Setelah : 2 Hari



19-04-24		Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih buruk. Kerak sudah menutupi keseluruhan tulangan yang mengalami korosi. Setelah : 1 Hari
23-04-24		Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih buruk. Kerak sudah menutupi keseluruhan tulangan yang mengalami korosi. Setelah : 4 Hari
29-04-24		Warna pada permukaan tulangan menjadi lebih gelap yang menunjukkan tulangan termasuk dalam keadaan berkarat yang lebih



		buruk. Bagian karat menjadi warna coklat kehitaman. Kerak sudah menutupi keseluruhan bagian tulangan yang mengalami korosi. Setelah : 6 Hari
MEI		
02-05-24	 	Warna tulangan sudah menjadi coklat kehitaman dan di tandai dengan kerak yang menutupi keseluruhan permukaan. Terdapat bagian tulangan yang berubah warna menjadi kehitaman. Setelah : 3 Hari
07-05-24	 	Warna tulangan sudah menjadi coklat kehitaman dan di tandai dengan kerak yang menutupi keseluruhan permukaan. Terdapat bagian tulangan yang berubah warna menjadi kehitaman. Setelah : 5 Hari





Optimized using
trial version
www.balesio.com



Optimized using
trial version
www.balesio.com