

Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Laju Korosi Tulangan dan Gaya Tekan Kolom Pedestal Terkorosi

Abdul Sigit Maulana¹, Dionsius Tripriyo Arry Bramantoro², Ninik Catur Endah Yuliati³, Nila Kurniawati Sunarminingtyas⁴

^{1,2,3,4}Program Studi Teknik Sipil, Universitas Merdeka Malang

Keywords :

Solution Concentration, NaCl, Corrosion Rate, Reinforcing Steel, Compressive Force, Pedestal Column.

Kata Kunci :

Konsentrasi Larutan, NaCl, Laju Korosi, Baja Tulangan, Gaya Tekan, Kolom Pedestal.

Article History :

Submitted : 12 September 2024
Accepted : 12 September 2024
Available Online : December 2024

Korespondensi Penulis :
Abdul Sigit Maulana
Email :
abdulsigit955@gmail.com

Abstract

Reinforced concrete is concrete reinforced with steel reinforcement to withstand compressive and tensile stress. Corrosion of steel reinforcement, triggered by NaCl (found in seawater), can affect the strength of reinforced concrete structures. This study aims to determine the effect of NaCl solution concentration on the corrosion rate of reinforcing steel and its consequences on the axial compressive strength of pedestal reinforced concrete columns. The test specimens were 14 pedestal columns measuring 15×15×30 cm. The corrosion rate was observed using the galvanostatic method by immersing the test specimens in NaCl solution with concentration variations of 3.5%, 5% and 7% for 10 days. The corrosion rate was calculated using the weight loss method based on ASTM G31, while the compressive strength of the pedestal column was obtained by applying a concentric compressive force to the test specimen. The test results showed that the concentration of NaCl solution affected the corrosion rate of reinforcing steel and the compressive strength of the pedestal column. The highest concentration of NaCl solution caused the largest corrosion rate, which was 23444 mpy with a decrease in compressive strength of 21.22%.

Abstrak

Beton bertulang merupakan beton yang diperkuat tulangan baja untuk menahan tegangan tekan dan tarik. Korosi pada tulangan baja, yang dipicu oleh NaCl (yang terdapat pada air laut), dapat mempengaruhi kekuatan struktur beton bertulang. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh konsentrasi larutan NaCl terhadap laju korosi baja tulangan dan akibatnya terhadap kekuatan tekan aksial kolom beton bertulang pedestal. Benda uji berupa 14 buah kolom pedestal dengan ukuran 15×15×30 cm. Laju korosi diamati dengan metode galvanostatik dengan cara merendam benda uji dalam larutan NaCl dengan variasi konsentrasi 3.5%, 5% dan 7% selama 10 hari. Laju korosi dihitung dengan metode *weight lose* berdasarkan ASTM G31, sedangkan kuat tekan kolom pedestal diperoleh dengan memberi gaya tekan konsentris pada benda uji. Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi larutan NaCl berpengaruh terhadap laju korosi baja tulangan dan kekuatan tekan kolom pedestal. Konsentrasi larutan NaCl tertinggi menyebabkan laju korosi terbesar, yaitu 23444 mpy dengan penurunan kuat tekan sebesar 21.22 %.

DOI : <https://doi.org/10.26905/cjce.v3i2.14176>

Sitasi : Maulana, A. S., Bramantoro, D. T. A., Yuliati, N. C. E., & Sunarminingtyas, N. K. (2025). Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Laju Korosi Tulangan dan Gaya Tekan Kolom Pedestal Terkorosi. *Composite: Journal of Civil Engineering*, 3(2), 46–53.

1. Pendahuluan

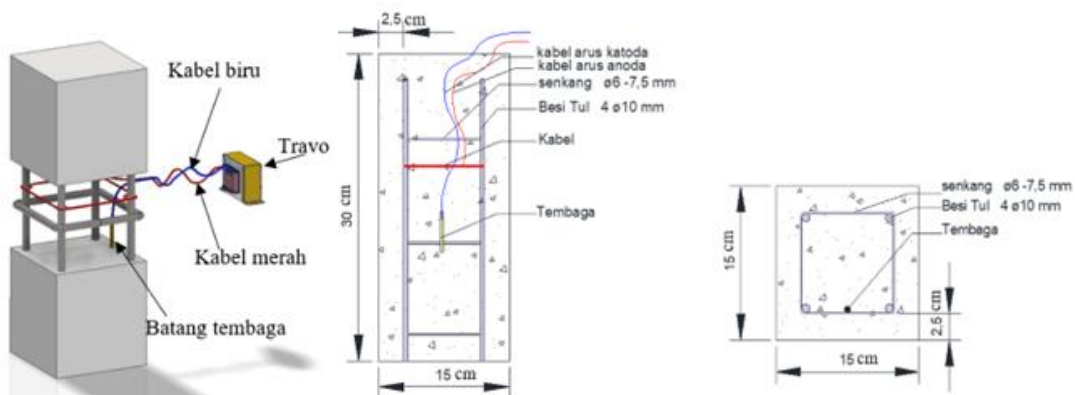
Beton terbuat dari beberapa material yaitu semen, air, agregat halus dan agregat kasar. Beton memiliki sifat yang khas yaitu gaya tekan yang tinggi tetapi memiliki sifat yang lemah terhadap gaya tarik (Hamdi et al., 1 C.E. 2022). Maka dari itu beton membutuhkan bahan konstruksi lain untuk memperbaiki kelemahan terhadap tarik. Bahan yang memiliki sifat gaya tarik yang baik yaitu baja tulangan. Hanya saja kelemahan baja tulangan adalah masalah korosi. Korosi sendiri dapat mengurangi mutu kualitas dan umur konstruksi (Wibowo dan Purnawan Gunawan, 2007). Menurut Amalia et al. (2019) apabila korosi telah terjadi pada baja tulangan mengakibatkan oksida akan menempati suatu volume beton, sehingga terjadi tekanan keluar yang berakibat beton mengalami keretakan. Retaknya beton mengakibatkan berkurangnya mutu beton. Berdasarkan kondisi tersebut, maka penelitian mengenai laju korosi pada baja tulangan menjadi penting untuk dilakukan. Saat ini telah berkembang berbagai metode untuk mengidentifikasi penyebab korosi baja tulangan dan pengaruhnya terhadap kuat tekan aksial kolom beton bertulang.

Menurut Agus Purwanto (2003), larutan garam Natrium Klorida (NaCl) dapat memicu proses korosi pada baja tulangan yang terbenam di dalam beton. Korosi ini terjadi karena NaCl berfungsi sebagai elektrolit yang memungkinkan aliran arus listrik antara logam (baja tulangan) dan oksigen di lingkungan yang basa atau asam di sekitarnya. Penyebab terjadinya korosi pada beton diakibatkan oleh masuknya ion klorida kedalam pori-pori pada beton sehingga tulangan baja akan terdampak sehingga terjadi korosi pada baja tulangan (Astuti dan Handayani, 2021).

Korosi merupakan suatu peristiwa rusaknya logam akibat reaksi dengan lingkungan sekitarnya (Roberge, 2004). Menurut Gunaltun, (2005) korosi merupakan fenomena elektrokimia yang hanya menyerang logam, karat merupakan rusaknya logam karena adanya zat penyebab karat. Korosi pada tulangan baja dalam beton bisa terjadi akibat penetrasi ion klorida yang menyebabkan turunnya pH lingkungan yang berakibat rusaknya lapisan pasif (Safuadi dkk,2007). Korosi juga dapat didefinisikan sebagai fenomena akibat kimia bahan-bahan logam di berbagai kondisi lingkungannya, yaitu bereaksi kimia antara dengan zat-zat yang berada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matriks logam itu sendiri (Kurniawan, D. W., & Saifullah, T. N., 2012). Menurut A.Z. Syaiful dkk, (2022) penurunan kualitas bahan atau material akibat korosi disebut laju korosi. Laju korosi dapat di ketahui dengan menggunakan metode kehilangan berat (*weight loss*), yang merupakan metode untuk mengukur laju korosi berdasarkan kehilangan berat pada baja tulangan akibat korosi.

2. Metode Penelitian

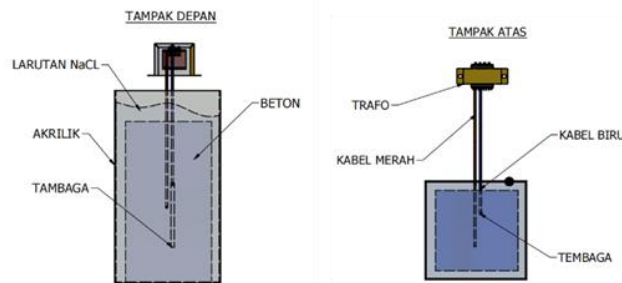
Penelitian ini dilakukan di laboratotium beton dengan melakukan pengujian terhadap benda uji kolom beton bertulang pedestal. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental untuk mengetahui pengaruh antara variabel terikat dan variabel bebas terhadap benda uji kolom pedestal. Variabel terikat meliputi laju korosi dan gaya tekan aksial kolom beton bertulang pedestal. Variabel bebasnya berupa konsentrasi larutan NaCl. Larutan NaCl digunakan dalam penelitian ini dikarenakan pada air laut mengandung NaCl. Melalui penelitian ini, diketahui laju korosi pada baja tulangan akibat air laut dengan variasi konsentrasi NaCl dan pengaruhnya terhadap kuat tekan kolom pedestal.



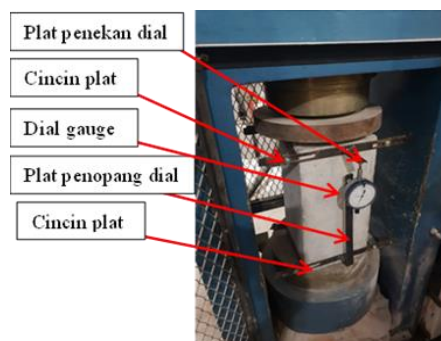
Gambar 1. Detail Benda Uji Kolom Pedestal 2D dan 3D

Pengujian dilakukan terhadap benda uji kolom pedestal beton bertulang berukuran 15 x 15 x 30 cm, dengan tulangan memanjang 4 Φ 10 mm dan tulangan geser menggunakan Φ 6 yang dipasang dengan jarak 7,5 cm. Pengujian terhadap laju korosi dilakukan dengan merendam benda uji di dalam bak yang berisi larutan NaCl dengan variasi konsentrasi 3,5%, 5%, 7%. Proses percepatan korosi menggunakan metode galvanostatic, yaitu memberikan reaksi secara elektronik antara katoda (logam tembaga) dan anoda (baja tulangan). Setelah direndam dalam larutan NaCl selama 10 hari, benda uji dikeluarkan dan dibiarkan di udara terbuka sampai umur beton mencapai 28 hari. Selanjutnya dilakukan pengujian gaya tekan aksial dengan menggunakan alat uji *Compressing Testing Machine (CTM)* dengan kapasitas beban 3000 kN untuk mengetahui besarnya beban maksimum dan model kehancuran benda uji saat mencapai maksimum, Pada pengujian ini juga digunakan alat dial gauge dan plat baja untuk mendapatkan nilai perpempakan yang terjadi.

Benda uji yang sudah rusak akibat uji tekan, selanjutnya dipecahkan dan diambil baja tulangan yang sudah terkorosi dalam beton untuk diuji laju korosi menggunakan metode *weight loss*. Hasil penelitian dianalisis dengan mengelola data yang didapatkan dari pengujian gaya tekan aksial dan laju korosi benda uji kolom beton bertulang pedestal, agar dapat mengetahui pengaruh laju korosi dan tegangan leleh pada baja tulangan yang terkorosi akibat air laut.



Gambar 2. Proses Rendaman Benda uji Kolom Pedestal Dalam NaCl Dengan Metode Galvanostatik



Gambar 3. Gaya Tekan benda uji menggunakan mesin *Compressing Testing Machine (CTM)* dan *Dial gauge*

3. Hasil dan Pembahasan

Hubungan antara Kuat Tekan Kolom Beton Bertulang Pedestal Rata-rata

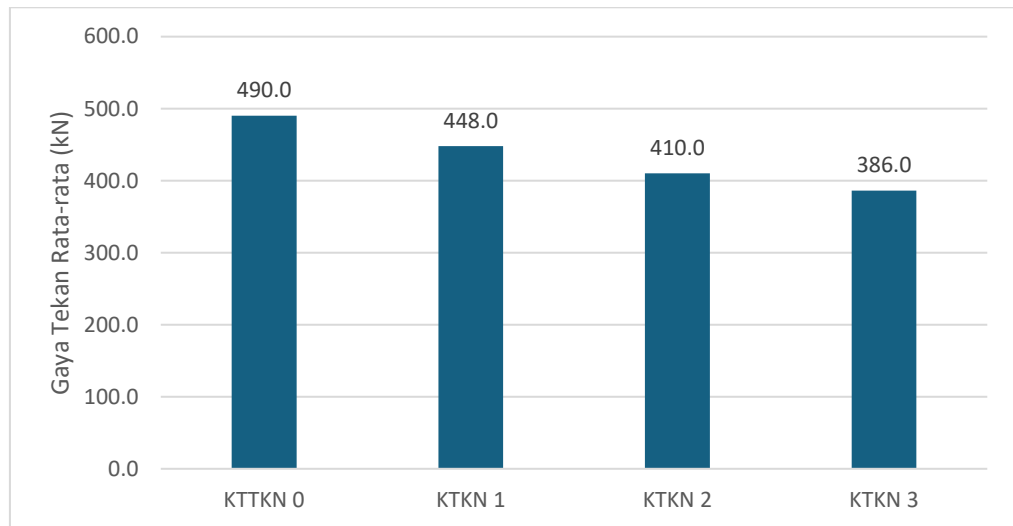
Kuat tekan rata-rata setiap variasi benda uji, dibandingkan antara kolom beton bertulang pedestal normal (tanpa direndam NaCl) dengan kolom beton bertulang yang terkorosi untuk mengetahui pengaruh larutan NaCl dan laju korosi terhadap kuat tekan kolom beton bertulang. Gaya tekan rata-rata kolom beton bertulang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Hubungan antara Gaya Tekan Rata-rata Kolom Beton Bertulang Pedestal

Kode Benda Uji	Variasi Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (kN/ mm ²)	Keterangan
KTKN ₀	Tanpa NaCl	490.0	Kolom pedestal Normal
KTKN ₁	NaCl 3.5%	448.0	Kolom pedestal Terkorosi NaCl 3.5%
KTKN ₂	NaCl 5%	410.0	Kolom pedestal Terkorosi NaCl 5%
KTKN ₃	NaCl 7.5%	386.0	Kolom pedestal Terkorosi NaCl 7.5%

Sumber : Hasil Penelitian (Abdul Sigit Maulana, 2024)

Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 4 diperoleh nilai gaya tekan rata-rata kolom beton bertulang pedestal terbesar pada variasi 1 (KTTKN₀) yaitu 490.0 kN. Nilai gaya tekan mengalami penurunan dimulai pada variasi 2 (KTKN₁) yaitu 448.0 kN, variasi 3 (KTKN₂) yaitu 410.0 kN, dan variasi 4 (KTKN₃) yaitu 386.0 kN. Dari data tersebut menunjukkan larutan NaCl berpengaruh terhadap kuat tekan kolom beton bertulang pedestal. Hal ini dikarenakan semakin tinggi larutan NaCl, maka korosi semakin besar yang ditandai dengan kehilangan berat pada baja tulangan yang semakin besar sehingga kuat tekan kolom beton bertulang pedestal terkorosi semakin kecil.



Gambar 4. Hubungan antara Kuat Tekan Rata-rata Kolom Beton Bertulang Pedestal

Kuat Tekan Nominal (Pn)

Kuat tekan nominal adalah kuat tekan yang terjadi pada benda uji kolom pedestal dengan tulangan tekan yang terpasang 4Ø10 mm. Nilai kuat tekan nominal dihitung dengan persamaan :

$$P_n = 0.85 [f'_c (A_g - A_{st}) + A_{st} \cdot f_y]$$

Dimana :

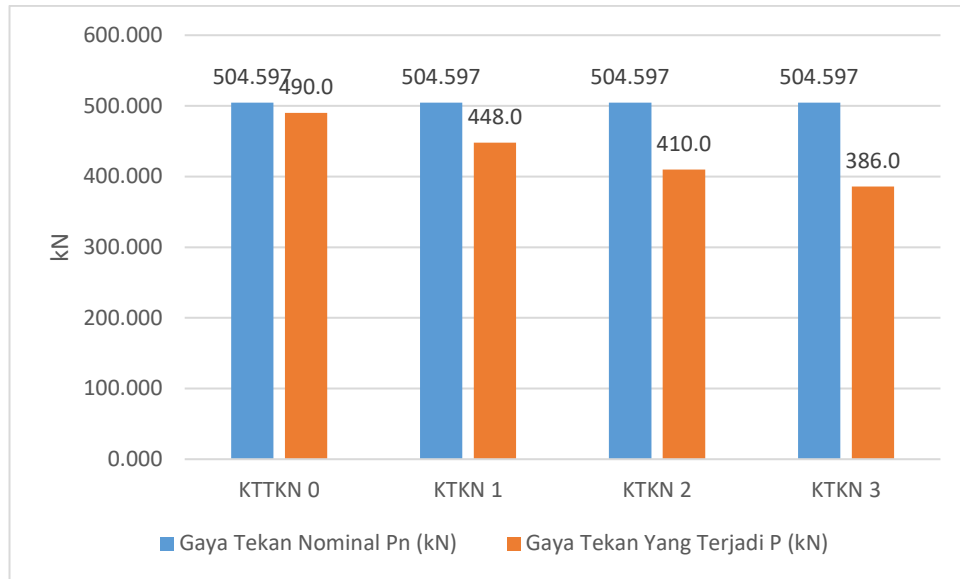
- f'c = kuat tekan beton
- A_g = luas penampang beton
- A_{st} = luas tulangan baja
- F_y = tegangan leleh baja tulangan

Pada penelitian ini, nilai kuat tekan nominal untuk benda uji kolom pedestal adalah = 504.597 kN. Hasil uji tekan berdasarkan hasil pengujian ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil gaya tekan nominal disetiap variasi dan hasil gaya tekan kolom beton bertulang pedestal disetiap variasi benda uji

Kode Benda Uji	P _n (kN)	P(kN)
KTTKN ₀	504.597	490.0
KTKN ₁	504.597	448.0
KTKN ₂	504.597	410.0
KTKN ₃	504.597	386.0

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 5 pada setiap variasi benda uji, nilai gaya tekan yang terjadi (P) eksperimental kolom beton bertulang pedestal terkorosi lebih kecil dari gaya tekan nominal (P_n) teoritis karena penampang tulangan berkurang dan mutu baja juga berkurang.



Gambar 5. Perbandingan Kuat Tekan Nominal dan Kuat Tekan yang Terjadi Rata-rata disetiap variasi benda uji

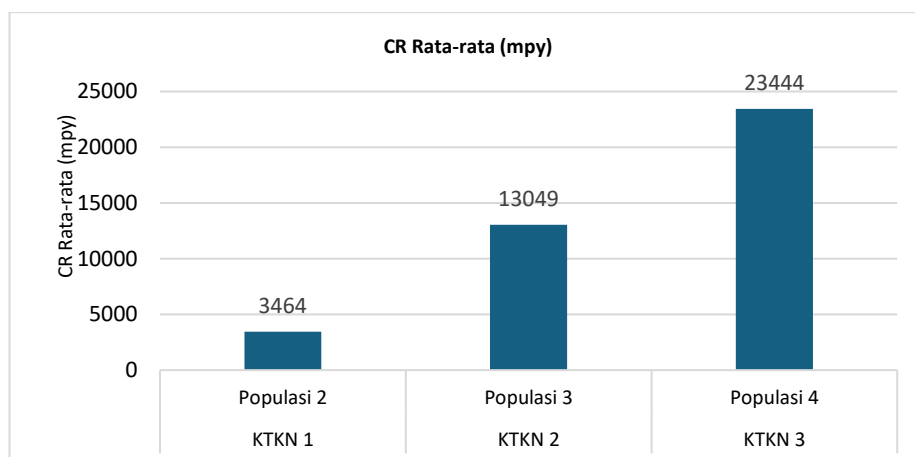
Hubungan antara Laju Korosi Kolom Beton Bertulang Rata-rata

Dari nilai laju korosi yang didapatkan pada setiap variasi benda uji, selanjutnya dibandingkan antara variasi 2 (KTKN₁), variasi 3 (KTKN₂), variasi 4 (KTKN₃). Laju korosi rata-rata setiap variasi benda uji dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata Laju Korosi pada setiap Varian

Kode Benda Uji	Variasi Benda Uji	CR Rata-rata (mpy)
KTKN ₁	Variasi 2	3464
KTKN ₂	Variasi 3	13049
KTKN ₃	Variasi 4	23444

Sumber : Hasil Penelitian (Abdul Sigit Maulana, 2024)



Gambar 6. Rata-rata Laju Korosi Per Variasi

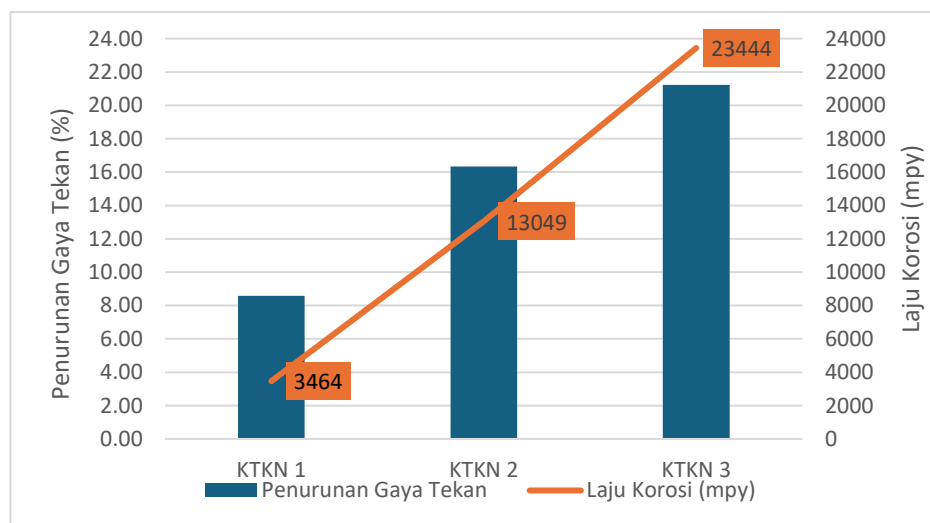
Berdasarkan Tabel 4 dan Gambar 6, nilai laju korosi rata-rata kolom beton bertulang pedestal dengan konsentrasi larutan NaCl 3.5% yaitu 3464 mpy, konsentrasi larutan NaCl 5% yaitu 13049 mpy, dan konsentrasi larutan NaCl 7% 23444 mpy. Jadi dapat disimpulkan bahwa pada konsentrasi larutan NaCl yang paling besar (7.5%), maka semakin besar kehilangan berat tulangan dan semakin besar nilai laju korosinya.

Perbandingan Gaya Tekan Kolom Beton Bertulang Pedestal Terkorosi dengan Laju Korosi yang Berbeda, berdasarkan Tabel 3 untuk gaya tekan kolom beton bertulang pedestal terkorosi variasi 2, variasi 3, dan variasi 4 dan Tabel 4 untuk laju korosi variasi 2, variasi 3 dan variasi 4 diperoleh hubungan antara nilai gaya tekan kolom beton bertulang pedestal yang terkorosi dan laju korosi yang berbeda, dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 7.

Tabel 5. Penurunan kuat Tekan dan Laju Korosi

Kode Benda Uji	Variasi Benda Uji	Kuat Tekan Rata-rata (kN)	Kuat Tekan Rata-rata (Kn)	Penurunan Kuat Tekan (%)	CR Rata-rata (mpy)
KTKN ₁	Variasi 2		448.00	8.57	3464
KTKN ₂	Variasi 3	413.60	410.00	16.33	13049
KTKN ₃	Variasi 4		386.00	21.22	23444

Sumber : Hasil Penelitian (Abdul Sigit Maulana, 2024)



Gambar 7. Hubungan Gaya Tekan dan Laju Korosi

Berdasarkan Tabel 5 dan Gambar 7 diperoleh laju korosi rata-rata pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5 % sebesar 3636 mpy menghasilkan penurunan presentase nilai kuat tekan sebesar 8.57 %, variasi 3 konsentrasi larutan NaCl 5 % sebesar 13049 mpy menghasilkan penurunan presentase sebesar 16.33 %, variasi 4 konsentrasi larutan NaCl 7 % sebesar 23444 mpy menghasilkan penurunan presentase nilai gaya tekan sebesar 21.22 %. Maka dapat disimpulkan semakin besar larutan NaCl maka semakin kecil nilai gaya tekan dan untuk laju korosi juga semakin besar.

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan bahwa nilai laju korosi yang diperoleh pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5% sebesar 3464 mpy, variasi 3 konsentrasi larutan NaCl 5% sebesar 13049 mpy, variasi 4 konsentrasi larutan NaCl 7% sebesar 23444 mpy. Maka dapat disimpulkan semakin besar konsentrasi larutan NaCl maka laju korosi yang dihasilkan juga semakin besar.

Nilai gaya tekan kolom beton bertulang pedestal terkorosi pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5% sebesar 448.0 kN, variasi 3 konsentrasi larutan NaCl 5% sebesar 410.0 kN, variasi 4 konsentrasi larutan NaCl 7% sebesar 386.0 kN. Maka dapat disimpulkan semakin besar konsentrasi larutan NaCl maka gaya tekan yang dihasilkan semakin kecil.

Nilai laju korosi yang diperoleh pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5% sebesar 3464 mpy, variasi 3 konsentrasi larutan NaCl 5% sebesar 13049 mpy, variasi 4 konsentrasi larutan NaCl 7% sebesar 23444 mpy. Untuk laju korosi terkecil yaitu pada variasi 2 konsentrasi NaCl 3.5% sebesar 3464 mpy.

Nilai gaya tekan kolom beton bertulang pedestal terkorosi pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5% sebesar 448.0 kN, variasi 3 konsentrasi larutan NaCl 5% sebesar 410.0 kN, variasi 4 konsentrasi larutan

NaCl 7% sebesar 386.0 kN. Untuk gaya tekan aksial terbesar kolom beton bertulang pedestal terkorosi yaitu pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5% sebesar 448.0 kN.

Nilai laju korosi yang diperoleh pada variasi 2 konsentrasi larutan NaCl 3.5% sebesar 3464 mpy dan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 448.0 kN, variasi 3 konsentrasi larutan NaCl 5% sebesar 13049 mpy dan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 410.0 kN, variasi 4 konsentrasi larutan NaCl 7% sebesar 23444 mpy dan kuat tekan yang dihasilkan sebesar 386.0 kN.

5. Daftar Pustaka

- Amalia, Z., Saidi, T., Aulia, T. B., & Mahlil. (2019). Pengaruh densitas arus terhadap perilaku retak beton bertulang yang mengalami korosi tulangan. *Teras Jurnal*, 9(2), 351-358. Diakses dari <https://teras.unimal.ac.id/teras/article/download/507/PDF>
- ASTM International. (1993). ASTM C127-88: Standard test method for specific gravity and absorption of coarse aggregate. In *Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.02)*. ASTM International.
- ASTM International. (1995). ASTM C136-95a: Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates. In *Annual Book of ASTM Standards (Vol. 04.02)*. ASTM International.
- ASTM International. (2009). ASTM C29/C29M-09: Standard test method for bulk density ("unit weight") and voids in aggregate. ASTM International.
- ASTM International. (2012). ASTM G31-12a: Standard guide for laboratory immersion corrosion testing of metals. ASTM International.
- Astuti, W., Sari, A. P., & Handayani, N. S. (2021). Pencegahan Korosi pada Beton dalam Lingkungan Laut Menggunakan Cat Anti Korosi Berbahan Dasar Bitumen. *SIKLUS: Jurnal Teknik Sipil*, 3(2), 90-98.
- Badan Standardisasi Nasional. (2004). SNI 15-2049-2004: Semen Portland. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI 7656:2012 - Tata cara pemilihan campuran untuk beton normal, beton berat, dan beton massa. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2847:2013 - Persyaratan beton struktural untuk bangunan gedung. Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2017). SNI 2052:2017 - Baja tulangan beton. Badan Standardisasi Nasional.
- Gunaltun, Y. M., & Belghazi, A. (2001). Control of top of line corrosion by chemical treatment. Paper presented at CORROSION 2001, Houston, Texas.
- Hamdi, F., & Rangan, P. R. (2022). *Teknologi beton (Edisi pertama)*. Tohar Media.
- Kurniawan, D. W., & Saifullah, T. N. (2012). *Teknologi Sediaan Farmasi*. UNSOED Press.
- Pantelides, C. P., & Gibbons, M. E. (2013). Axial load behavior of reinforced concrete columns strengthened with high-performance fiber-reinforced concrete jackets. *Journal of Composites for Construction*, 17(4), 490-499.
- Purwanto, A. (2003). Korosi Baja Tulangan Serta Penggunaan Aditif Untuk Proteksinya. *Jurnal Gema Teknik*.
- Roberge, P. R. (2019). *Handbook of corrosion engineering (2nd ed.)*. McGraw-Hill Education.
- Safuadi, S., Ariffin, A. K., Daud, A., Ridha, M., & Halim, A. (2007). Pengaruh perlakuan baja tulangan terhadap korosi struktur beton bertulang. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) VI (hal. 44-58)*.
- Syaiful, A. Z., Tang, M., & Kada, J. (2022). Analisis laju korosi dan lifetime material stainless steel. *Jurnal Saintis*, 3(2), 1-14.
- Wibowo, W., & Gunawan, P. (2007). Pengaruh korosi baja tulangan terhadap kuat geser balok beton bertulang. *Media Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret Surakarta*.

Pengaruh Konsentrasi Larutan NaCl terhadap Laju Korosi Tulangan dan Gaya Tekan Kolom Pedestal Terkorosi
Abdul Sigit Maulana, Dionsius Tripriyo Arry Bramantoro, Ninik Catur Endah Yuliati, Nila Kurniawati
Sunarminingtyas

Widodo, S. B., Abdul Rahman, N., Arif, Z., & Tri Saputra, J. (2023). Effect of NaCl solution on protection rate of BJTP 40 steel (SNI 07-2052-200219) with sacrificial anode cathodic protection utilizing Zn anode. JURUTERA - Jurnal Umum Teknik Terapan, 10(01), 28-34.