

Pencegahan Korosi pada Beton dalam Masa Perawatan dengan Cat Anti-korosi berbasis Bituminous

Pinta Astuti*¹, Ridha Kautsari Fahma²

^{1,2} Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jalan Brawijaya, Tamantirto, Kasihan, Bantul, Daerah Istimewa Yogyakarta, Indonesia

Submitted: 11 April 2022; Accepted: 23 Agustus 2022

Abstrak

Beton merupakan material yang memiliki banyak fungsi, sehingga menjadi material utama yang digunakan dalam dunia konstruksi pada saat ini. Akan tetapi, beton bertulang memiliki permasalahan durabilitas yang disebabkan oleh korosi yang dapat mengurangi masa layan struktur tersebut. Korosi terjadi akibat kondisi lingkungan yang memiliki uap air yang tinggi dan juga perubahan udara yang ekstrim disertai adanya intrusi ion klorida dari lingkungan laut. Oleh karena itu, pencegahan korosi sangat diperlukan untuk mengendalikan potensi korosi pada tulangan baja di dalam beton yang baru difabrikasi. Adapun pencegahan korosi yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan cat anti korosi berbasis bituminous pada permukaan tulangan baja sebelum fabrikasi benda uji. Benda uji korosi yang dibuat berbentuk mortar kubus dengan ukuran 15cmx15cmx15cm dengan dua buah tulangan yang diletakkan pada 3cm dan 5cm dari tepi benda uji untuk mensimulasikan tebal selimut beton. Dua macam variasi perlakuan pada tulangan yaitu dengan maupun tanpa pengecatan anti korosi dengan masing-masing sejumlah 3 benda uji. Pengujian properti mekanik beton juga dilakukan pada penelitian ini meliputi *flow table*, kuat tekan, tarik belah, densitas, dan susut. Pengamatan probabilitas korosi dilakukan menggunakan metode *half-cell potential* yang berlangsung selama 28 hari pada masa perawatan beton dengan metode perendaman dalam air. Berdasarkan hasil pengujian probabilitas korosi didapatkan bahwa pada tulangan baja yang diberikan cat antikorosi berbasis bituminous memiliki nilai potensi korosi lebih rendah dibandingkan dengan spesimen tanpa *coating*. Selain itu ketebalan selimut 5 cm memberikan nilai potensi korosi yang lebih rendah juga dibandingkan dengan spesimen dengan ketebalan selimut 3 cm.

Kata Kunci : bituminous ; cat antikorosi ; *half-cell potential* ; ion klorida ; korosi pada beton

Abstract

Concrete is a versatile material that is widely used in the construction industry nowadays. However, reinforced concrete has durability issues due to corrosion, which

*Corresponding author e-mail : pinta.astuti@ft.umy.ac.id
Another author email : ridha.kautsari.ft18@mail.umy.ac.id

can reduce the structure's service life. Corrosion occurs as a result of high water vapor levels in the environment, as well as extreme air changes accompanied by chloride ion intrusion at the marine environment. As a result, corrosion prevention is required to control the corrosion potential of steel reinforcement in newly fabricated reinforced concrete structures. In this study, corrosion prevention used bituminous-based anti-corrosion paint on the surface of steel reinforcement before fabricating the specimens. The corrosion test specimen is a 15cmx15cmx15cm cube mortar with two embedded steel bars placed 3cm and 5cm from the specimen's upper surface to simulate the thickness of the concrete cover. There are two types of reinforcement treatment variations, with or without anti-corrosion coating at the steel bar surface, each variation consist of three specimens. This study also tested the mechanical properties of concrete, such as flow table, compressive strength, split tensile, density, and shrinkage. The half-cell potential method was used to observe the probability of corrosion for 28 days during the concrete curing period using the water immersion method. According to the corrosion probability test results, the steel reinforcement using bituminous-based anti-corrosion paint had a lower corrosion potential value than the specimen that did not receive coating. Furthermore, specimens with a concrete cover of 5 cm have a lower corrosion potential value than specimens with a concrete cover of 3 cm.

Keywords : *bituminous ; anti-corrosion paint ; half-cell potential ; chloride ions ; corrosion in concrete*

A. PENDAHULUAN

Beton bertulang dapat mengalami penurunan daya tahan struktur ketika terjadi korosi. Korosi terjadi disebabkan oleh kandungan uap air yang tinggi di udara dan juga disebabkan oleh tingginya temperatur (Elma dkk., 2020) sekaligus adanya ion klorida di sekitar lingkungan laut (Astuti dkk., 2018; Astuti dkk., 2019; Astuti dkk., 2020; Astuti dkk., 2021). Habirun dan Shidiq (2017) melalui risetnya juga menyatakan bahwa korosi dapat terjadi karena kondisi lingkungan yang mengandung klorida lebih banyak seperti di lingkungan laut. Korosi juga dapat disebabkan oleh perubahan udara yang ekstrem.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah cat Anti-korosi berbasis Bituminous dapat digunakan untuk pencegahan korosi dan mengendalikan potensi korosi pada

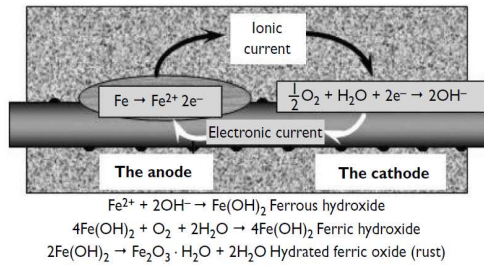
tulangan baja di dalam beton yang baru difabrikasi

Menurut Chen dkk. (2021), mekanisme kerusakan yang terjadi karena masuknya klorida ke dalam struktur beton menghasilkan penurunan yang signifikan pada kekuatan struktur beton. Kondisi struktur juga akan semakin mengalami penurunan kekuatan seiring berjalannya waktu dikarenakan lebar retakan akan semakin meningkat dan jumlah retakan semakin bertambah.

B. TINJAUAN PUSTAKA

Korosi dapat menjadi ancaman terbesar pada daya tahan beton bertulang. Proses pembentukan karat pada baja tulangan ditunjukkan pada Gambar 1. Korosi yang terjadi pada baja tulangan disertai dengan keretakan, pewarnaan, dan pengelupasan pada selimut beton (Alexander dan Beushausen, 2019). Hal tersebut diakibatkan oleh akumulasi

klorida pada baja tulangan yang menyebabkan pembentukan karat (El Alami dkk., 2021).



Gambar 1. Proses terjadinya korosi pada tulangan (Broomfield, 2007)

Korosi pada beton bertulang memberikan banyak kerugian dalam berbagai aspek dalam dunia konstruksi. Maka dari itu, berbagai penelitian mengenai pencegahan korosi pada baja tulangan telah banyak dilakukan, salah satu pencegahan korosi yang dilakukan adalah dengan memanfaatkan metode coating. Harahap dkk. (2019) melakukan pengujian dengan menggunakan coating berbahan calcium nitrite. Cedrim dkk. (2019) melakukan pengujian dengan menggunakan seng dan seng-nikel. Kemudian Al-Negheimish dkk. (2021) melakukan pengujian dengan lapisan seng murni dan zinc-aluminium. Dari pengujian terdahulu didapatkan hasil baja tulangan yang dilapisi *coating material* memiliki nilai yang lebih positif dibandingkan dengan baja tulangan tanpa pelapis. Selain itu, pencegahan korosi dengan menambah ketebalan selimut beton terbukti dapat menghambat terjadinya proses korosi. Pramudiyanto dkk. (2011) membandingkan pengaruh ketebalan selimut beton 1,25 inch, 5 inch, dan 6 inch terhadap terjadinya proses korosi. Dari pengujian perbandingan tersebut memberikan hasil laju korosi semakin menurun dengan semakin bertambahnya ketebalan selimut.

Menurut Nayak dan Dominic (2021), pada selimut beton yang tebal

maka probabilitas korosi yang terjadi akan semakin mengecil, hal tersebut dikarenakan semakin tebal selimut beton maka semakin tinggi tingkat perlindungan terhadap lingkungan sekitar dan perubahan iklim.

Berdasarkan pada penelitian terdahulu, mekanisme pencegahan korosi penggunaan zat anti korosi berbasis bituminous belum jelas pada masa perawatan beton. Oleh karena itu, penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui besarnya nilai potensial korosi pada tulangan baja akibat pengaruh zat anti korosi berbasis bituminous pada proses pengendalian korosi dalam masa perawatan beton sehingga dapat diberikan rekomendasi dalam aplikasi lapangan.

C. METODE PENELITIAN

1. Material

Bahan penyusun mortar yang digunakan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

a. Semen Portland Komposit

Semen yang digunakan pada penelitian ini yaitu semen Portland komposit yang merupakan bahan ikat hidrolis dari hasil pencampuran semen portland dengan bahan anorganik seperti terak tanur tinggi (*blast furnace slag*), pozzolon, senyawa silikat, batu kapur, dengan total bahan anorganik yaitu 6% - 35% dari massa semen Portland komposit (BSN, 2014b; SNI, 2014).

b. Agregat halus

Agregat halus merupakan agregat yang memiliki ukuran butir maksimum sebesar 50 mm. Agregat halus yang baik yaitu agregat halus tanpa mengandung lempung serta bahan organik dan partikel yang lolos pada saringan no. 200, hal tersebut dikarenakan dapat merusak campuran beton (BSN, 2002b).

c. Air

Air dalam campuran beton berperan sebagai bahan yang dapat membatu

reaksi kimia pada semen sehingga terjadi pengikatan antar agregat kasar, agregat halus, dan membantu dalam proses pengerasan beton. Selain itu, air juga dapat memudahkan proses percetakan (Polii dkk., 2015). Pada penelitian ini air yang digunakan sebagai campuran mortar adalah air yang berada di Laboratorium Struktur dan Bahan Konstruksi, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

d. Superplasticizer

Superplasticizer adalah campuran beton yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan air sehingga dapat menambah kekuatan pada beton, mengurangi porositas, memudahkan campuran beton untuk dipadatkan, dan mampu mempertahankan massa beton yang homogen karena sifatnya yang dapat mengubah beton menjadi campuran yang mudah mengalir (*flow*) (Effendia dkk., 2018). *Superplasticizer* yang digunakan pada penelitian ini adalah Sika *viscocrete*-1003.

e. Cat anti korosi berbasis *bituminous*

Cat anti korosi merupakan bahan pelapis yang digunakan sebagai perlindungan terhadap ion klorida yang dapat memicu terjadinya proses korosi pada beton bertulang. Pada penelitian ini cat anti korosi yang digunakan yaitu *seiv paint flinkote* dengan bahan dasar yang terkandung berupa *bituminous*.

2. Mix Design

Mix design mortar yang dilakukan pada penelitian ini digunakan faktor air semen (FAS) sebesar 0,4. Menurut penelitian yang dilakukan Maskur dkk. (2017), nilai berat jenis semen yaitu sebesar 3,15 dan nilai berat jenis *superplasticizer* sebesar 1,06. Hasil perhitungan yang dilakukan berdasarkan setiap 1 m³ mengacu pada penelitian yang dilakukan Satyarno dalam Maskur dkk. (2017). Hasil *mix design* pada penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil *mix design* mortar 1 m³

Material	Volume
Semen (kg/m ³)	554,42
Pasir (kg/m ³)	1663,27
Air (liter/m ³)	221,77
<i>Superplasticizer</i> (liter/m ³)	4,16

3. Pengujian *fresh concrete*

Pengujian yang dilakukan pada *fresh concrete* dalam penelitian ini adalah *flow table* dan densitas. Menurut Rompas dkk. (2013), *slump test* adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui tingkat kelecakan pada adukan beton atau *workability*. *Slump test* dilakukan pada beton dalam kondisi encer. *Slump test* bertujuan untuk mengetahui konsistensi campuran beton segar yang digunakan. *Slump test* khusus mortar disebut sebagai *flow table* karena perbedaan konsistensi antara beton dan mortar. Berdasarkan SNI 6882:2014 (BSN, 2014a), spesifikasi mengenai *flow* (kelecakan) pada mortar unit pasangan yaitu (110 ± 5) % sesuai ASTM C-1437 (2007).

Menurut SNI 1973:2016 (BSN, 2016), pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui massa satuan volume. Pengujian densitas dilakukan dengan menggunakan campuran mortar, yang kemudian dimasukkan ke dalam silinder dengan 3 lapisan, setiap lapisan ditusuk sebanyak 25 kali dan sisi wadah ukur dipukul sebanyak 10-15 kali dengan menggunakan palu yang bertujuan untuk mengurangi jumlah pori dan gelembung udara ada di dalam beton.

4. Pengujian *hardened concrete properties*

Pengujian pada *hardened concrete* meliputi uji kuat tekan, uji kuat tarik, dan uji lentur. Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji yang telah melewati proses *curing* selama 28 hari dengan

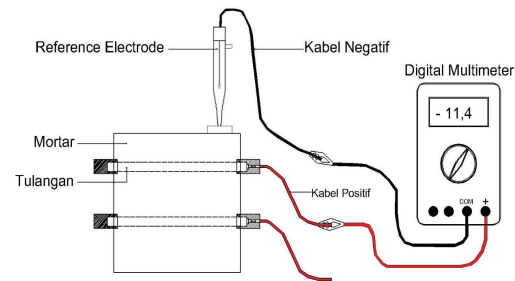
mengacu pada SNI 1974:2011 (BSN, 2011). Pengujian kuat tarik belah dilakukan pada benda uji yang telah melewati proses *curing* selama 28 hari dengan mengacu pada SNI 03-2491-2002 (BSN, 2002a). Pengujian kuat lentur dilakukan pada balok tanpa tulangan dengan beban terpusat langsung yang mengacu pada SNI 03-4154-1996 (BSN, 1996). Benda uji yang digunakan pada penelitian telah melewati proses *curing* selama 28.

5. Pengujian *half-cell potential*

Menurut Fonna dkk. (2017), *half-cell potential test* merupakan pengujian sederhana yang digunakan untuk mengukur potensi korosi tanpa merusak permukaan beton. *Half-cell potential test* menggunakan alat *multimeter digital* dan elektroda referensi *Silver - Silver/Chloride Electrode* atau *Ag/Ag.Cl (SSE)* kemudian dikonversikan menjadi *Calomel Saturated Elctrode (CSE)*. Sketsa pengujian *half-cell potential* ditunjukkan seperti pada Gambar 2.

Pada saat pengujian *half-cell potential* permukaan benda uji disemprot terlebih dahulu dengan menggunakan air keran kemudian didiamkan selama 20-30 menit. Hal tersebut bertujuan untuk mengalirkan arus listrik, sehingga hasil potensi korosi dapat terbaca.

Pengujian *half-cell potential* dilakukan pada spesimen kubus saat proses perawatan atau *curing*. Pengujian *half-cell potential* dilakukan secara berkala setiap 7 hari untuk mendapatkan perbandingan nilai potensi korosi pada spesimen dengan tebal selimut beton 3 cm dan 5 cm. Berdasarkan ASTM C876-91 (ASTM, 2017), klasifikasi nilai potensi korosi ditunjukkan pada Tabel 2.



Gambar 2. Sketsa pengujian *half-cell potential*

Tabel 2. Klasifikasi korosi (ASTM, 2017)

HCP (mV:CSE)	Probabilitas
$E > -200$	90% tidak terjadi korosi
$-350 < E < -200$	Aktivitas korosi tidak dapat dipastikan
$E < -350$	90% adanya korosi

6. Perawatan beton atau *curing*

Spesimen yang telah dicetak selama 24 jam kemudian dilepaskan dari bekisting dan dilakukan *curing*. Penelitian ini menggunakan *curing* dengan cara direndam pada bak perendaman yang berisi air keran. Spesimen silinder balok dan kubus dilakukan perendaman selama 28 hari.

D. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Propertis agregat halus

Pengujian yang dilakukan pada pasir yang berasal dari Kali Progo yaitu analisis gradasi butiran, kadar air, berat jenis, dan kadar lumpur dan hasilnya ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengujian agregat halus

Jenis pengujian	Hasil
Modulus Halus Butiran	2,039
Daerah gradasi agregat	Daerah 2
Kadar air (%)	4
Berat jenis dan penyerapan air	
Berat jenis curah kering	2,71
Berat jenis semua	2,91
Berat jenis kering muka	2,78
Penyerapan air (%)	2,56
Kadar lumpur (%)	2,5

2. Propertis *fresh concrete*

Pada *fresh concrete* pengujian yang dilakukan yaitu *flow table test* dan uji pengujian densitas yang hasilnya ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengujian *flow table* dan densitas

Jenis pengujian	Hasil
<i>Flow table test</i> (%)	112,67
Densitas (kg/m ³)	2080,68

3. Propertis *hardened concrete*

Pada *hardened concrete*, pengujian dilakukan pada benda uji umur 28 hari atau setelah melewati proses *curing* meliputi uji susut, uji kuat tekan, uji kuat tarik belah, dan uji lentur. Adapun hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengujian pada *hardened concrete*

Pengujian	Hasil
Susut Diameter (cm)	0,047
Susut Tinggi (cm)	0,038
Kuat tekan (MPa)	25,79
Kuat tarik belah (MPa)	4,83
Kuat lentur (MPa)	4,26

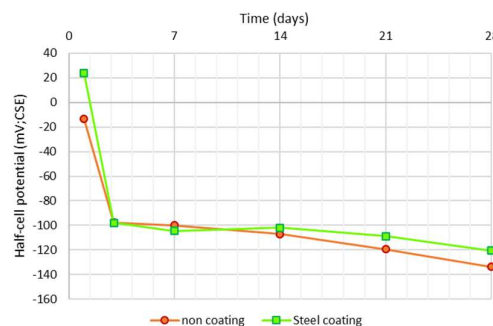
4. Probabilitas korosi dari pengujian *half-cell potential*

Hasil pengujian probabilitas korosi menggunakan metode *half-cell potential* ditunjukkan dalam Gambar 3. Selama

masa perawatan, potensial seluruh hasil pengujian berada lebih dari -200 mV vs. CSE, sehingga dapat diinterpretasikan bahwa tulangan masih dalam kondisi 90% tanpa korosi. Hal ini terjadi karena masa perawatan menggunakan rendaman air sehingga tidak terjadi fase pasang surut yang dapat memperparah kondisi korosi. Pada saat hari pertama dapat dilihat bahwa nilai potensial masih cenderung tinggi berkisar lebih dari -20 mV vs CSE, akan tetapi potensial tersebut turun secara signifikan pada hari berikutnya pada saat air telah masuk ke dalam seluruh bagian spesimen. Secara umum perbandingan antara potensial korosi tulangan baja pada benda uji yang dilakukan pengecatan memiliki kondisi korosi yang sedikit lebih terlindungi dibanding tulangan tanpa proteksi cat bituminous.

Untuk nilai perbandingan *half-cell potential* tulangan tanpa dan dengan proteksi cat anti korosi berbasis bituminous dengan selimut beton 3cm dan 5cm dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

Dari gambar tersebut didapatkan bahwa tulangan dengan selimut beton 5 cm memiliki nilai potensial yang lebih positif dibanding selimut beton 3 cm baik untuk tulangan dengan *coating* maupun *non-coating*. Hal tersebut karena semakin tebal selimut beton maka semakin baik melindungi tulangan dari intrusi ion klorida.



Gambar 3. Hasil pengujian *half-cell potential* pada tulangan dengan cat (*coating*) dan tanpa cat (*non-coating*)



Gambar 4. Hasil pengujian *half-cell potential* pada tulangan tanpa cat (*non-coating*)



Gambar 5. Hasil pengujian *half-cell potential* pada tulangan dengan cat (*coating*)

E. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Pencegahan korosi dengan menggunakan cat anti-korosi berbasis bituminous memberikan nilai *potential* korosi lebih positif atau probabilitas lebih rendah dibandingkan dengan benda uji *non coating* sehingga metode *coating* dapat menjadi solusi untuk pencegahan korosi. Hal itu terjadi karena metode *coating* dapat menjadi penghalang untuk masuknya ion ke baja tulangan.
- Selimut beton dengan ketebalan selimut 5 cm menunjukkan nilai potensial korosi yang lebih positif dibandingkan dengan tebal selimut beton 3 cm pada semua *exposure condition* dan pada semua metode

pencegahan yang dilakukan. Semakin tebal selimut beton maka semakin besar tinggi perlindungan terhadap lingkungan sekitar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Yogyakarta yang telah memberikan *support* dana hibah Penelitian Dasar melalui Lembaga Riset dan Inovasi (LRI). Peneliti juga mengucapkan terimakasih atas bantuan yang telah diberikan selama penelitian oleh Bapak Sumadi, Ataya, Zakri, Afdhal, Farah, dan Dyah.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Negheimish, A., Hussain, R. R., Alhozaimey, A., & Singh, D. D. N. (2021). Corrosion performance of hot-dip galvanized zinc-aluminum coated steel rebars in comparison to the conventional pure zinc coated rebars in concrete environment. *Construction and Building Materials*, 274, 121921.
- Alexander, M., & Beushausen, H. (2019). Durability, service life prediction, and modelling for reinforced concrete structures—review and critique. *Cement and Concrete Research*, 122, 17-29.
- ASTM. (2007). *ASTM C-1437 Standard Test Method for Flow of Hydraulic Cement Mortar*. American Standard Testing and Material (ASTM International).
- ASTM. (2017). *ASTM C876-15 Standard Test Method for Corrosion Potentials of Uncoated Reinforcing Steel in Concrete*. American Society for Testing and Materials. doi:10.1520/c0876-15.
- Astuti, P., Rafdinal, R. S., Mahasiripan, A., Hamada, H., Sagawa, Y., & Yamamoto, D. (2018). Potential development of sacrificial anode

- cathodic protection applied for severely damaged RC beams aged 44 years. *Journal of Thailand Concrete Association*, 6(2), 24-31.
- Astuti, P., Rafdinal, R. S., Kamarulzaman, K., Hamada, H., Sagawa, Y., & Yamamoto, D. (2019). Repair method of deteriorated RC beams by sacrificial anode cathodic protection and corrosion inhibitor. In *Proc. The 3rd ACF Symposium 2019 Assessment and Intervention of Existing Structures*.
- Astuti, P., Rafdinal, R. S., & Sagawa, Y. (2020). A study on repairing system of severely damaged rc beam by cathodic protection using a different kind of sacrificial anodes. *Advances in Construction Materials Proceedings of the ConMat'20*.
- Astuti, P., Kamarulzaman, K., & Hamada, H. (2021). Non-destructive investigation of a 44-year-old RC structure exposed to actual marine tidal environments using electrochemical methods. *International Journal of Integrated Engineering*, 13(3), 148-157.
- Broomfield, J. P. (2007). Repair Guidance Note 1: corrosion of steel in concrete. *Concrete*, 41(4), 13-14.
- BSN (1996) *SNI 03-4154-1996 Uji Kuat Lentur*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN (2002a) *SNI-03-2491-2002 Metode Pengujian Kuat Tarik Belah Beton*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN (2002b) *SNI 03-2847-2002 Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN (2011) *SNI 1974:2011 Cara uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN (2014a) *SNI 6882:2014 Spesifikasi Mortar untuk Pekerjaan Unit Pasangan*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN (2014b) *SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- BSN (2016) *SNI 1973:2016 Metode uji densitas, volume produksi campuran dan kadar udara (gravimetrik) beton*. Badan Standar Nasional, Jakarta
- Cedrim, F. A., Almeida, V. L. S. D., Souza, C. A. C. D., Lima, P. R. L., Jesus, M. D. D., & Ribeiro, D. V. (2019). Corrodibility and Adherence of Reinforced Concrete Rebars Electroplated with Zinc and Zinc-Nickel Alloys. *Materials Research*, 22.
- Chen, D., Sun, G., Hu, D., & Shi, J. (2021). Study on the bearing capacity and chloride ion resistance of RC structures under multi-factor corrosive environment and continuous load. *Journal of Building Engineering*, 44, 102990.
- Effendi, Z., Saidi, T., & Aulia, T. B. (2018). Studi Komparasi Variasi Jenis Superplasticizer Terhadap Sifat Mekanis Beton Mutu Tinggi Dengan Menggunakan Fly Ash Abu Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Aditif. *Jurnal Arsip Rekayasa Sipil dan Perencanaan*, 1(3), 158-170.
- El Alami, E., Fekak, F. E., Garibaldi, L., & Elkhalfi, A. (2021). A numerical study of pitting corrosion in reinforced concrete structures. *Journal of Building Engineering*, 43, 102789.
- Elma, M., Nurhalisah, N., & Hidayati, A. N. (2020). Effect of temperature and concentration of naoh solutions as inhibitors on iron

- corrosion rate in water media. *Konversi*, 9(1), 6-11.
- Fonna, S., Ridha, M., Huzni, S., Walid, W. A., Mulya, T. T. D., & Ariffin, A. K. (2017). Corrosion risk of RC buildings after ten years the 2004 tsunami in Banda Aceh-Indonesia. *Procedia engineering*, 171, 965-976.
- Habirun, A. N., & Shidiq, M. I. (2017, July). Peninjauan Masa Layan dan Perbaikan Struktur Dermaga Terhadap Pengaruh Lingkungan Pesisir Pantai. In *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar* (Vol. 8, pp. 412-416).
- Harahap, S., Hamada, H., Sagawa, Y., & Yamamoto, D. (2019). The Effect of Calcium Nitrite Coating as Corrosion Inhibitor in Seawater-Mixed Mortar. *The 3rd ACF Symposium*.
- Maskur, I. (2017). Perancangan campuran flow mortar untuk pembuatan self compacting concrete dengan FAS 0.5. *Dinamika Rekayasa*, 13(2), 89-96.
- Nayak AR, Dominic DM (2021) Corrosion of Reinforced Concrete A Review. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)* 08 (06)
- Polii, R. A., Sumajouw, M. D., & Windah, R. S. (2015). Kuat Tekan Beton Dengan Variasi Agregat Yang Berasal Dari Beberapa Tempat Di Sulawesi Utara. *Jurnal Sipil Statik*, 3(3).
- Pramudiyanto, P., Triwiyono, A. T. A., & Priyosulistyo, H. R. C. (2011). Pengaruh Tebal Selimut Beton Normal pada Laju Korosi Baja Tulangan. *INERSIA: Informasi dan Ekspose hasil Riset teknik Sipil dan Arsitektur*, 7(2).
- Rompas, G. P., Pangouw, J. D., Pandaleke, R., & Mangare, J. B. (2013). Pengaruh pemanfaatan abu ampas tebu sebagai substitusi parsial semen dalam campuran beton ditinjau terhadap kuat tarik lentur dan modulus elastisitas. *Jurnal Sipil Statik*, 1(2).
- SNI (2014) *SNI 7064:2014 Semen Portland Komposit*. Badan Standar Nasional, Jakarta



© 2022 Siklus Jurnal Teknik Sipil All rights reserved. This is an open access article distributed under the terms of the CC BY Licens (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).