



ANALISIS PANEL BETON CAMPURAN *FLY ASH* TERHADAP KOROSI

Anggun Prasetyawati Kesya Wibisono, Sri Wiwoho Mudjanarko*

Universitas Narotama Surabaya

aprasetyakesya@gmail.com, sri.wiwoho@narotama.ac.id*

ABSTRAK

Beton bertulang adalah suatu kombinasi antara beton dan baja di mana tulangan baja berfungsi menyediakan kuat tarik yang tidak dimiliki oleh beton. Tulangan baja juga dapat menahan gaya tekan sehingga digunakan pada kolom dan pada berbagai kondisi lain. Hal ini dimungkinkan karena beton dapat dengan mudah dibentuk dengan cara menempatkan campuran yang masih basah ke dalam cetakan beton sampai terjadi pengerasan beton. Jika berbagai unsur pembentuk beton dirancang dengan baik, maka hasilnya adalah bahan yang kuat, tahan lama dan bila dikombinasikan dengan baja tulangan akan menjadi elemen yang utama pada suatu sistem struktur. Korosi yang merupakan proses elektrokimia dimana baja yang berhubungan dengan cairan yang mengandung ion-ion (elektro) menimbulkan perbedaan potensial yang menyebabkan ion-ion tulangan baja akan melarut sampai pada keadaan seimbang. Kerusakan beton karena korosi adalah hasil dari penetrasi klorida yang masuk pada beton maupun pada tulangan akibat terbukanya atau retak yang terjadi pada beton bertulang. Proses reaksi antara karbondioksida (CO_2) dengan unsur kalsium hidroksida di dalam beton ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) karena beton tidak kedap udara. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ sehingga proses karbonasi akan terjadi.

Kata Kunci : Korosi, Fly Ash, Beton

1. PENDAHULUAN

Korosi yang merupakan proses elektrokimia dimana baja yang berhubungan dengan cairan yang mengandung ion-ion (elektro) menimbulkan perbedaan potensial yang menyebabkan ion-ion tulangan baja akan melarut sampai pada keadaan seimbang. Kerusakan beton karena korosi adalah hasil dari penetrasi klorida yang masuk pada beton maupun pada tulangan akibat terbukanya atau retak yang terjadi pada beton bertulang. Proses reaksi antara karbondioksida (CO_2) dengan unsur kalsium hidroksida di dalam beton ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) karena beton tidak kedap udara. $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ sehingga proses karbonasi akan terjadi.

Beberapa metode telah dilakukan untuk mencegah maupun mengatasi permasalahan kerusakan beton akibat adanya korosi dalam berbagai kondisi layan struktur. Pada kondisi awal, beton dapat didesain untuk memperlambat kecepatan penetrasi klorida salah satunya adalah dengan mendesain beton dengan kerapatan yang baik, meningkatkan tebal selimut maupun melapisi tulangan dengan menggunakan epoxy. Pada kondisi selanjutnya, ketika klorida telah mencapai batas dan mencapai bagian tulangan, maka klorida yang ada di dalam beton harus dihilangkan.

Cara yang dapat digunakan untuk menghilangkan klorida yang ada didalam beton adalah dengan mengganti beton yang ada dengan beton baru. Selain itu cara lain juga dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan electrochemical procedure yang dikenal dengan Electrochemical Extraction (ECE). Metode ini dilakukan dengan mengeluarkan klorida dengan mengaplikasikan high voltage pada struktur tersebut. Pada kasus tertentu metode proteksi katoda dapat dilakukan untuk mengurangi proses korosi yang terjadi.

Permasalahan yang ada saat ini terkait dengan waktu pelaksanaan maintenance yang tepat untuk suatu struktur yang terkena korosi. Perbaikan dan perawatan yang selama ini dilakukan cukup sulit dan relatif mahal. Oleh karena itu, untuk mengatasi permasalahan tersebut para peneliti mulai mengembangkan model untuk dapat memprediksi waktu terjadinya keretakan akibat korosi.

2. METODE PENELITIAN

Metode analisis yang digunakan dalam percobaan ini adalah penghitungan laju korosi melalui metode kehilangan massa. Laju korosi dihitung berdasarkan kehilangan massa akibat korosi yang terjadi. Untuk menentukan jumlah kehilangan massa (besi tulangan yang terkorosi) akibat reaksi korosi, digunakan rumus sebagai berikut:

$$Cr = \frac{W \times K}{D A_s T} \dots\dots\dots(2.1)$$

- Dimana :
- CR : Laju korosi (mpy)
- W : Kehilangan berat (gram)
- K : Konstanta Factor 8,76 x 104
- D : Densitas Spesimen (gram/cm³)
- A_s : Luasan area (cm²)
- T : Waktu (Jam)

Rumus untuk mencari Luasan Area dan Densitas.

$$A_s = 2 \cdot (p \times l + p \times t + l \times t) \dots\dots\dots(2.2)$$

- Dimana :
- A_s : Luasan area (cm²)
- p : Panjang
- l : Lebar
- t : Tinggi

$$D = m/V \dots\dots\dots(2.3)$$

- Dimana :
- D : Densitas Spesimen (gram/cm³)
- m : Massa
- V : Volume

Metode ini adalah mengukur kembali berat awal dari benda uji (objek yang ingin diketahui laju korosi yang terjadi padanya), kekurangan berat dari pada berat awal merupakan nilai kehilangan berat. Kekurangan berat dikembalikan kedalam rumus untuk mendapatkan laju kehilangan beratnya.

Metode ini bila dijalankan dengan waktu yang lama dan suistainable dapat dijadikan acuan terhadap kondisi tempat objek diletakkan (dapat diketahui seberapa korosif daerah tersebut) juga dapat dijadikan referensi untuk treatment yang harus diterapkan pada daerah dan kondisi tempat objek tersebut.

Dalam pengujian ini, sampel yang digunakan adalah kubus beton berukuran 50 x 50 x 50 mm dengan satu batang tulangan sepanjang ± 60 mm yang ditanamkan di dalamnya. Penggunaan satu batang tulangan bertujuan untuk mengukur laju korosi pada tulangan tersebut. Prosedur penelitian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan cetakan kubus berukuran 5 x 5 x 5 cm.
2. Menyiapkan 12 batang besi tulangan ulir dengan panjang sekitar ± 6 cm.
3. Memberi label pada masing-masing sampel, seperti 1, 2, 3, 4, 5, dan seterusnya.
4. Menimbang besi tulangan ulir dengan neraca digital dan mencatat berat sebagai massa awal.
5. Mencuci besi tulangan ulir dengan air dan menyikatnya untuk menghilangkan kotoran yang menempel.
6. Mengeringkan besi tulangan ulir menggunakan tisu atau kain lap, kemudian menimbangya kembali dengan neraca digital dan mencatat berat sebagai massa akhir.
7. Membuat campuran beton menggunakan semen Portland dan *Fly Ash*, kemudian menanamkan besi tulangan ke dalam campuran beton.
8. Menyiapkan larutan air garam dengan konsentrasi 3,5% menggunakan 3,5 gram garam dan 96,5 gram air.
9. Merendam sampel dalam media air tawar dan larutan air garam 3,5% selama 72 jam dan 144 jam.
10. Mengangkat sampel dari larutan rendaman dan mengeringkannya.
11. Menimbang sampel yang telah kering dengan timbangan digital, mencatat perubahan massa, dan menghitung laju korosi menggunakan metode kehilangan massa.

Pemeriksaan agregat:

1. Agregat halus: Menggunakan pasir alami yang bersih dari lumpur dan kotoran organik.
2. Agregat kasar: Menggunakan batu pecah yang bersih dari lumpur dan kotoran organik.
3. Komposisi campuran untuk beton semen Portland (campuran normal): Untuk membuat sampel beton biasa, digunakan batu pecah 888 gram, semen 227 gram, dan pasir 698 gram.
4. Komposisi untuk beton campuran *Fly Ash*: Untuk membuat sampel beton campuran *Fly Ash*, digunakan batu pecah 888 gram, semen 193 gram, *Fly Ash* 35 gram (15% dari semen), dan pasir 698 gram.

Untuk pengujian metode kehilangan berat, digunakan dua jenis media: air tawar dan larutan air garam 3,5%. Penelitian ini melibatkan beberapa sampel beton kubus berukuran 50 x 50 x 50 mm, masing-masing dengan satu batang tulangan sepanjang ± 60 mm. Semua sampel diletakkan dalam kondisi temperatur dan kelembapan yang sama, tetapi menunjukkan reaksi berbeda terhadap media perendaman.



Gambar 1. Cetakan Beton Yang Digunakan.
Sumber: *Dokumentasi pribadi.*



Gambar 2. Besi Tulangan Beton Yang Telah Dipotong
Dengan Ukuran 60 mm.
Sumber: *Dokumentasi pribadi.*

Langkah selanjutnya adalah menimbang masing-masing sampel besi beton, kemudian merendamnya dalam wadah berisi air tawar dan larutan air garam selama 2, 4, dan 6 hari. Pada hari ke-2, sampel dikeluarkan, material korosinya dibersihkan, dan sampel ditimbang kembali. Proses yang sama dilakukan pada hari ke-4 dan hari ke-6. Setelah itu, laju korosi pada masing-masing sampel dihitung menggunakan persamaan yang telah ditentukan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebagaimana disebutkan dalam tujuan penelitian, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan beton pada beton Portland dan beton campuran *Fly Ash*. Berat jenis dan kuat tekan beton dari berbagai variasi akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik berikut ini.

Table 1. Berat Jenis Beton Semen Portland (Beton X).

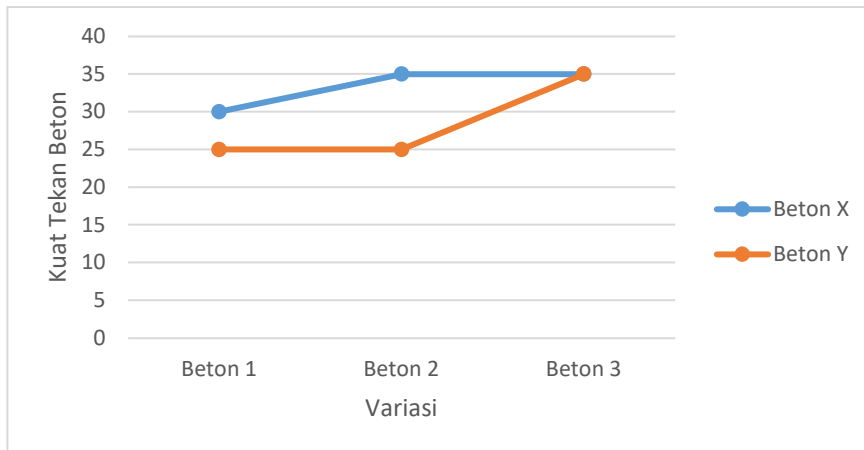
Variasi	Berat Jenis Beton Umur 7 Hari (gr)			Kuat Tekan Beton (kN)
	Sebelum Direndam	Sesudah Direndam	Sebelum Diuji	
Beton X1	288	300	293	30
Beton X2	280	291	284	35
Beton X3	279	292	282	35

Sumber: *Hasil analisis.*

Table 2. Berat Jenis Beton Campuran *Fly Ash* (Beton Y).

Variasi	Berat Jenis Beton Umur 7 Hari (gr)			Kuat Tekan Beton (kN)
	Sebelum Direndam	Sesudah Direndam	Sebelum diuji	
Beton Y1	236	250	240	25
Beton Y2	251	262	252	25
Beton Y3	269	280	273	35

Sumber: *Hasil analisis.*



Gambar 3. Grafik Kuat Tekan Rata-Rata Beton.

Sumber: *Hasil analisis.*

Fly ash biasanya meningkatkan kekuatan tekan beton seiring waktu. Fly ash bereaksi dengan kalsium hidroksida (Ca(OH)_2) dari hidrasi semen untuk membentuk kalsium silikat hidrat (C-S-H) yang memperkuat struktur mikro beton. Jadi, meskipun kekuatan tekan awalnya lebih rendah, beton dengan fly ash biasanya memiliki kekuatan tekan yang lebih tinggi dibandingkan beton tanpa fly ash setelah beberapa bulan atau tahun. Beton yang mengandung fly ash sering menunjukkan peningkatan kekuatan tekan dan ketahanan seiring waktu, menjadikannya ideal untuk aplikasi struktural di mana kekuatan akhir dan daya tahan sangat penting.

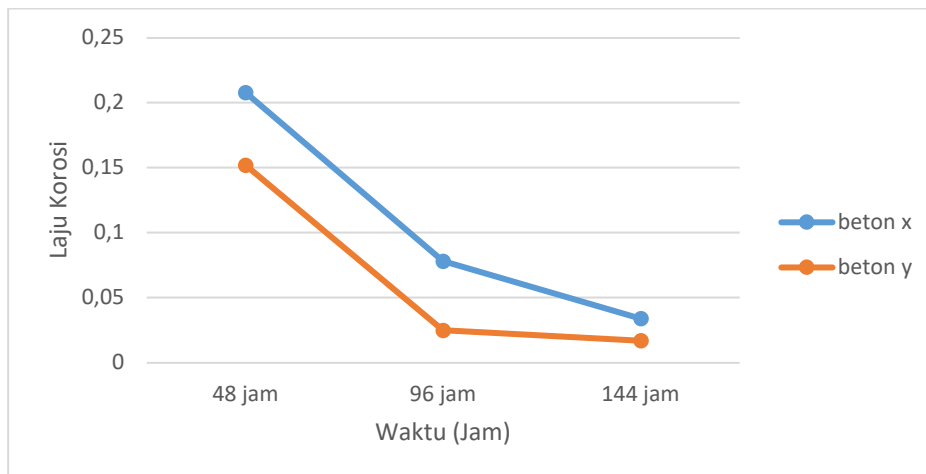
Penelitian menunjukkan bahwa larutan air garam 3,5% mempercepat korosi pada tulangan besi beton. Air garam meningkatkan laju korosi karena ion garam, seperti Na^+ dan Cl^- , membuat

larutan lebih konduktif dan mempercepat oksidasi besi, sehingga besi lebih mudah berkorosi dibandingkan dengan air tawar.

Table 3. Data Hasil Perhitungan Laju Korosi Beton Tulangan Pada Air Tawar.

Sampel	Laman Perendaman (Jam)	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Δ Massa (g)	Laju Korosi (mm/y)
Beton X	48 jam	295	303	8	0,41760176
	96 jam	295	302	7	0,18330574
	144 jam	295	302	7	0,12220383
Beton Y	48 jam	304	312	8	0,40555556
	96 jam	304	311	7	0,17800107
	144 jam	304	311	7	0,11866738

Sumber: *Hasil analisis.*

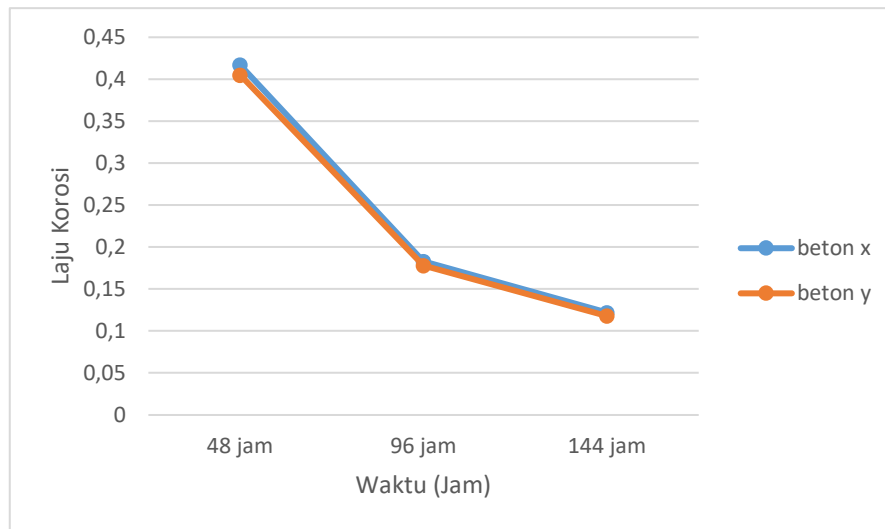


Gambar 4. Grafik Perbandingan Laju Korosi Beton Bertulang X Dan Y Media Air Tawar. Sumber: *Hasil analisis.*

Table 4. Data Hasil Perhitungan Laju Korosi Beton Tulangan Pada Larutan Air Garam 3,5%.

Sampel	Laman Perendaman (Jam)	Massa Awal (g)	Massa Akhir (g)	Δ Massa (g)	Laju Korosi (mm/y)
Beton X	48 jam	291	295	4	0,20880088
	96 jam	291	294	3	0,0788206
	144 jam	291	293	2	0,03480015
Beton Y	48 jam	308	311	3	0,15257235
	96 jam	308	309	1	0,02559331
	144 jam	308	309	1	0,01706221

Sumber: Hasil analisis.



Gambar 5. Grafik Perbandingan Laju Korosi Beton Bertulang X dan Y Larutan Air Garam 3,5%.
Sumber: Hasil analisis.

Penelitian menunjukkan bahwa larutan air garam 3,5% mempercepat korosi pada tulangan besi beton. Air garam meningkatkan laju korosi karena ion garam, seperti Na^+ dan Cl^- , membuat larutan lebih konduktif dan mempercepat oksidasi besi, sehingga besi lebih mudah berkorosi dibandingkan dengan air tawar. Jika besi terus-menerus bersentuhan dengan air garam (dalam konsentrasi 3,5%) dalam jangka waktu lama, kemungkinan besar akan terjadi reaksi kimia. Air garam dapat mempercepat proses korosi pada besi, yang berdampak negatif pada kualitas beton, mengingat besi sering digunakan dalam struktur beton. Oleh karena itu, penting untuk mengatasi masalah ini dengan memperhatikan dan mengambil tindakan pencegahan. Langkah-langkah tersebut dapat mencakup penggunaan pelindung pada besi, pengendalian kelembaban, atau metode lain untuk mengurangi efek korosi dan menjaga kualitas beton.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisa dan pembahasan pada penelitian ini di dapatkan beberapa kesimpulan, yaitu:

- 1) Fly ash mengurangi permeabilitas beton, sehingga mengurangi penetrasi air dan ion korosif ke dalam struktur. Beton dengan fly ash memberikan perlindungan lebih baik terhadap korosi besi tulangan dan meningkatkan ketahanan jangka panjang dalam lingkungan agresif, meskipun kekuatan tekan awalnya mungkin sedikit lebih rendah. Penggunaan fly ash membuat beton lebih tahan lama dan kuat, terutama dalam kondisi lingkungan yang keras. Penting untuk melakukan pengujian rutin untuk memantau efek fly ash terhadap ketahanan korosi dan kekuatan tekan beton seiring waktu.
- 2) Kekuatan tekan awal beton dengan fly ash mungkin sedikit lebih rendah dibandingkan beton tanpa fly ash. Namun, dalam jangka panjang, fly ash dapat meningkatkan kekuatan tekan dan kualitas beton berkat reaksi yang meningkatkan kekuatan struktural. Fly ash juga memperbaiki konsistensi, workability, dan ketahanan beton secara keseluruhan. Jadi,

meskipun kekuatan tekan awal mungkin lebih rendah, penggunaan fly ash efektif untuk meningkatkan kekuatan tekan jangka panjang dan ketahanan beton.

DAFTAR PUSTAKA

- Affandhie, B. A., Rahardjo, I. P., Arifin, S., Noor, N., & Rahman, Y. (2020). Evaluasi Struktur Dermaga Akibat Korosi Berdasarkan SNI 2833-2016 dan SNI 1725-2016. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 18(2), 261-276.
- Ayu, G. A., Rahmayanti, D., & Nindy, E. M. (2015). Perhitungan Laju Korosi di dalam Larutan Air Laut dan Air Garam 3% pada Paku dan Besi ASTM A36. *Gravity: Jurnal Ilmiah Penelitian dan Pembelajaran Fisika*, 1(1).
- Bahiyah, A., Wirasatriya, A., Marwoto, J., & Anugrah, D. A. (2019, March). Study of seasonal variation of sea surface salinity in Java Sea and its surrounding seas using SMAP satellite. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 246, No. 1, p. 012043). IOP Publishing.
- Bossio, A., Monetta, T., Bellucci, F., Lignola, G. P., & Prota, A. (2015). Modeling of concrete cracking due to corrosion process of reinforcement bars. *Cement and concrete research*, 71, 78-92.
- Ghewa, G. (2022). Efek Penggunaan Supplementary Material Pada Beton, Ditinjau Terhadap Susut Dan Induksi Keretakan Akibat Korosi. *Jurnal Rekayasa Konstruksi Mekanika Sipil (JRKMS)*, 5(2), 61-67.
- Hartono, R., & Subigyar, D. (2020). Laju Korosi Pada Baja Karbon Medium Plat A36 Direndam Dalam Media Air Laut Dan Air Tawar. *DINAMIKA: Jurnal Teknik Mesin*, 5(1).
https://www.academia.edu/32334225/Perhitungan_Laju_Korosi_LAJU_KOROSI_CORROSI_ON_RATE
- Jiang, G., Keller, J., Bond, P. L., & Yuan, Z. (2016). Predicting concrete corrosion of sewers using artificial neural network. *Water research*, 92, 52-60.
- Khan, I., François, R., & Castel, A. (2014). Prediction of reinforcement corrosion using corrosion induced cracks width in corroded reinforced concrete beams. *Cement and concrete research*, 56, 84-96.
- Mangi, S. A., Wan Ibrahim, M. H., Jamaluddin, N., Arshad, M. F., & Mudjanarko, S. W. (2019). Recycling of coal ash in concrete as a partial cementitious resource. *Resources*, 8(2), 99.
- Sutrisno, W. (2017). *Model Prediksi Retak pada Beton Bertulang Akibat Korosi Tidak Seragam Karena Infiltrasi Klorida dengan Mempertimbangkan Siklus Basah dan Kering* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember).