

**TUGAS AKHIR**

**PENCEGAHAN KOROSI DENGAN MENGGUNAKAN *STEEL*  
*COATING* DAN *SURFACE COATING* PADA BETON  
GEOPOLIMER BERBAHAN *FLY ASH* DENGAN 30% ALKALI  
AKTIVATOR**

Diajukan guna melengkapi persyaratan untuk memenuhi gelar Sarjana Teknik  
di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik,  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta



**Disusun oleh:**

**Muhammad Yusuf**

**20190110075**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2023**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Yusuf  
NIM : 20190110075  
Judul : Pencegahan Korosi dengan Menggunakan *Steel coating*  
dan *Surface coating* pada Beton Geopolimer dengan  
Berbahan *Fly ash* dengan 30% Alkali Aktivator

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa Tugas Akhir ini merupakan karya saya sendiri. Apabila terdapat karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumber secara jelas. Jika dikemudian hari ditemukan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi dengan aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat tanpa ada paksaan dari pihak mana pun.

Yogyakarta, 1 September 2023

Yang membuat pernyataan



Muhammad Yusuf

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Yusuf  
NIM : 20190110075  
Judul : Pencegahan Korosi Dengan Menggunakan *Steel coating*  
Dan *Surface coating* Pada Beton Geopolimer Dengan  
Berbahan *Fly ash* dengan 30% Alkali Aktivator

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Corrosion Prevention Method on geopolymer Based as Patch Repair Material*.

Yogyakarta, 2023

Penulis,



Muhammad Yusuf

Dosen Peneliti,



Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M. Eng.

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya. Persembahan ini kupersembahkan kepada orang tua tercinta, keluarga, dan semua orang yang telah memberikan dukungan, doa, dan motivasi untuk menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas segala cinta dan kasih sayang yang kalian berikan selama ini.

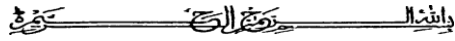
Terima kasih kepada Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bimbingan serta dukungan selama tugas akhir berlangsung.

Terima kasih kepada Ayah, Ibu, Kakak, dan Adik yang telah memberikan dukungan luar biasa, bantuan moril serta doa terbaiknya. Sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan sesuai yang diharapkan.

Terima kasih kepada kelompok Tugas Akhir yang telah bekerja sama dengan baik dan berjuang bersama-sama dalam menyelesaikan tugas akhir ini.

Dan terima kasih kepada semua orang yang telah mendukung secara langsung ataupun tidak langsung hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga hasil penelitian ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

## PRAKATA



*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Selama penyusunan tugas akhir ini, banyak rintangan yang penyusun dapatkan, tetapi berkat bantuan, bimbingan, dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun ingin menyampaikan rasa terima kasih atas kerja sama dan dukungan dari berbagai pihak selama proses penelitian hingga penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ibu Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
3. Ibu Ir. Fanny Monika, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Kedua orang tua dan seluruh keluarga saya yang telah membantu dalam proses saya menyelesaikan studi di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Akhirnya, setelah segala kemampuan dicurahkan serta diiringi dengan doa untuk menyelesaikan tugas akhir ini hanya kepada Allah SWT semua dikembalikan. Wallahu a'lam bi Showab. Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

## DAFTAR ISI

|                                       |       |
|---------------------------------------|-------|
| HALAMAN JUDUL.....                    | i     |
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....   | iii   |
| HALAMAN PERNYATAAN .....              | iv    |
| HALAMAN PERNYATAAN .....              | v     |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....             | vi    |
| PRAKATA.....                          | vii   |
| DAFTAR ISI.....                       | viii  |
| DAFTAR TABEL.....                     | x     |
| DAFTAR GAMBAR .....                   | xi    |
| DAFTAR LAMPIRAN.....                  | xiv   |
| DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....        | xv    |
| DAFTAR SINGKATAN .....                | xvi   |
| DAFTAR ISTILAH .....                  | xvii  |
| ABSTRAK.....                          | xviii |
| <i>ABSTRACT</i> .....                 | xix   |
| BAB I PENDAHULUAN .....               | 1     |
| 1.1 Latar Belakang .....              | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah .....             | 2     |
| 1.3 Lingkup Penelitian .....          | 3     |
| 1.4 Tujuan Penelitian.....            | 3     |
| 1.5 Manfaat Penelitian.....           | 4     |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....          | 5     |
| 2.1 Tinjauan Pustaka .....            | 5     |
| 2.2 Penelitian Terdahulu.....         | 5     |
| 2.3 Dasar Teori .....                 | 23    |
| BAB III METODE PENELITIAN.....        | 31    |
| 3.1 Materi .....                      | 31    |
| 3.2 Bahan.....                        | 31    |
| 3.3 Alat .....                        | 36    |
| 3.4 Tempat dan Waktu Penelitian ..... | 41    |
| 3.5 Tahapan Penelitian .....          | 42    |
| 3.6 Pencegahan Korosi .....           | 48    |
| 3.7 <i>Exposure Condition</i> .....   | 48    |

|                                             |                                                               |    |
|---------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----|
| 3.8                                         | <i>Half-cell potential</i> .....                              | 50 |
| BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN..... |                                                               | 51 |
| 4.1                                         | Hasil Pengujian Sifat Fisik dan Mekanik Material Mortar ..... | 51 |
| 4.2                                         | Mix Design .....                                              | 53 |
| 4.3                                         | Pengujian Fresh Properties .....                              | 54 |
| 4.4                                         | Pengujian Potensial Korosi .....                              | 54 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....             |                                                               | 68 |
| 5.1                                         | Kesimpulan.....                                               | 68 |
| 5.2                                         | Saran .....                                                   | 68 |
| DAFTAR PUSTAKA .....                        |                                                               | 69 |
| LAMPIRAN.....                               |                                                               | 71 |

## DAFTAR TABEL

|           |                                                                            |    |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2.1 | Perbandingan penelitian terdahulu dan penelitian sekarang .....            | 20 |
| Tabel 2.2 | Dasar Acuan Jurnal Terdahulu untuk ketuan Komposisi mortar geopolimer..... | 27 |
| Tabel 2.3 | Klasifikasi tingkat korosi (ASTM, 2017).....                               | 30 |
| Tabel 3.1 | Mix design mortar .....                                                    | 46 |
| Tabel 4.1 | Hasil Pemeriksaan Material Agregat Halus .....                             | 53 |
| Tabel 4.2 | Mix design mortar .....                                                    | 53 |
| Tabel 4.3 | Hasil Pengujian Densitas .....                                             | 54 |



## DAFTAR GAMBAR

|              |                                                                                                                                            |    |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2.1   | Grafik Perbandingan Kuat Tekan Terhadap Kuat Tekan 28 Hari (Adi S et al., 2018).....                                                       | 5  |
| Gambar 2. 2  | Grafik perbandingan kuat tekan beton geopolimer terhadap kuat tekan beton konvensional (Adi S et al., 2018).....                           | 5  |
| Gambar 2. 3  | Grafik kuat tekan rata-rata superplasticizer 0% pada Umur 28 hari (MPa) (Suhardi et al., 2019) .....                                       | 6  |
| Gambar 2. 4  | Grafik kuat tekan rata-rata <i>superplasticizer</i> 0.5% pada Umur 28 hari (MPa) (Suhardi et al., 2019).....                               | 7  |
| Gambar 2. 5  | Grafik kuat tekan rata-rata superplasticizer 0.6% pada Umur 28 hari (MPa) (Suhardi et al., 2019).....                                      | 7  |
| Gambar 2. 6  | Grafik kuat tekan rata-rata superplasticizer 0.7% pada Umur 28 hari (MPa) (Suhardi et al., 2019).....                                      | 7  |
| Gambar 2. 7  | Potensi korosi rata – rata, (a) Baja D15 mm dengan w/c = 0,5, (b) Baja D35 mm dengan w/c = 0,5 (Pei et al., 2017).....                     | 9  |
| Gambar 2. 8  | Potensi korosi rata – rata, (a) Baja D15 mm dengan w/c = 0,5, (b) Baja D35 mm dengan w/c = 0,5 (Pei et al., 2017).....                     | 9  |
| Gambar 2. 9  | Grafik pengujian half-cell potential (Voulgari et al., 2019) .....                                                                         | 11 |
| Gambar 2. 10 | Peningkatan persentase kekuatan tekan pada umur 28 hari. (Patel & Shah, 2018).....                                                         | 12 |
| Gambar 2. 11 | Peningkatan presentase kekuatan geser pada umur 28 hari. (Patel & Shah, 2018).....                                                         | 12 |
| Gambar 2. 12 | Peningkatan presentase kekuatan lentur pada umur 28 hari. (Patel & Shah, 2018).....                                                        | 12 |
| Gambar 2. 13 | Diagram Hasil Pemeriksaan Rata–rata Kuat Tekan Beton dengan ASP (Lalo et al., 2021). .....                                                 | 13 |
| Gambar 2. 14 | Nilai pH permukaan spesimen yang disemprot 7% reactions stoichiometry, (a) Lapis tipis, (b) Lapis tebal (Merachtsaki et al., 2020).....    | 14 |
| Gambar 2. 15 | Nilai pH permukaan spesimen yang disemprot 17% reactions stoichiometry, (a) Lapis tipis, (b) Lapis tebal (Merachtsaki et al., 2020).....   | 15 |
| Gambar 2. 16 | Nilai pH permukaan spesimen yang disemprot 35% reactions stoichiometry, (a) Lapis tipis, (b) Lapis tebal (Merachtsaki et al., 2020). ..... | 15 |
| Gambar 2. 17 | Grafik Perbandingan kerapatan arus korosi dari berbagai teknik yang digunakan. (Sohail et al., 2020) .....                                 | 16 |
| Gambar 2. 18 | Laju korosi diperoleh dari pengukuran kerapatan arus korosi dan penurunan berat badan secara gravimetri. (Sohail et al., 2020)             | 17 |
| Gambar 2. 19 | Potensial korosi pada BBSTA(Elmyra et al., 2020) .....                                                                                     | 18 |
| Gambar 2. 20 | Perbandingan nilai potensial korosi dari semua beton (Elmyra et al., 2020) .....                                                           | 18 |
| Gambar 2. 21 | Hasil pengujian half- cell potensial pada tulangan dengan cat dan tanpa cat (Astuti & Fahma, 2022).....                                    | 19 |
| Gambar 2. 22 | Hasil pengujian <i>half-cell potential</i> pada tulangan tanpa cat (Astuti & Fahma, 2022) .....                                            | 19 |

|                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 2. 23 Hasil pengujian <i>half- cell potensial</i> pada tulangan dengan cat (Astuti & Fahma, 2022)..... | 19 |
| Gambar 2. 24 Reaksi kimia korosi (Fahirah, 2007). .....                                                       | 29 |
| Gambar 3. 1 Pasir. ....                                                                                       | 31 |
| Gambar 3. 2 Fly ash.....                                                                                      | 31 |
| Gambar 3. 3 Air. ....                                                                                         | 32 |
| Gambar 3. 4 Super plasticizer.....                                                                            | 32 |
| Gambar 3. 5 NaOH.....                                                                                         | 32 |
| Gambar 3. 6 Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> . ....                                                           | 33 |
| Gambar 3. 7 Tulangan baja.....                                                                                | 33 |
| Gambar 3. 8 Skun. ....                                                                                        | 33 |
| Gambar 3. 9 Kabel.....                                                                                        | 34 |
| Gambar 3. 10 Cat anti korosi.....                                                                             | 34 |
| Gambar 3. 11 Tiner.....                                                                                       | 34 |
| Gambar 3. 12 Epoxy.....                                                                                       | 35 |
| Gambar 3. 13 Oli. ....                                                                                        | 35 |
| Gambar 3. 14 Timbangan digital.....                                                                           | 36 |
| Gambar 3. 15 Nampan.....                                                                                      | 36 |
| Gambar 3. 16 Gelas ukur.....                                                                                  | 36 |
| Gambar 3. 17 Saringan. ....                                                                                   | 37 |
| Gambar 3. 18 <i>sieve shaker</i> .....                                                                        | 37 |
| Gambar 3. 19 Meja getar. ....                                                                                 | 37 |
| Gambar 3. 20 <i>Mixer concrete</i> . ....                                                                     | 38 |
| Gambar 3. 21 Oven.....                                                                                        | 38 |
| Gambar 3. 22 <i>Bekisting</i> . ....                                                                          | 38 |
| Gambar 3. 23 Pipa PVC. ....                                                                                   | 39 |
| Gambar 3. 24 Sekop. ....                                                                                      | 39 |
| Gambar 3. 25 Batang baja penusuk. ....                                                                        | 39 |
| Gambar 3. 26 Jangka sorong. ....                                                                              | 40 |
| Gambar 3. 27 <i>Sterofom</i> .....                                                                            | 40 |
| Gambar 3. 28 Kuas. ....                                                                                       | 40 |
| Gambar 3. 29 Handuk.....                                                                                      | 41 |
| Gambar 3. 30 Digital multimeter dan <i>reference electrode</i> .....                                          | 41 |
| Gambar 3. 31 <i>Flowchart</i> .....                                                                           | 42 |
| Gambar 3. 32 Pengayakan Agregat Halus.....                                                                    | 43 |
| Gambar 3. 33 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air.....                                                    | 44 |
| Gambar 3. 34 Pengujian Kadar Lumpur Agregat Halus.....                                                        | 44 |
| Gambar 3. 35 Pengujian Kadar Air Agregat Halus. ....                                                          | 45 |
| Gambar 3. 36 <i>Flow Table Test</i> . ....                                                                    | 47 |
| Gambar 3. 37 Pemadatan Campuran Mortar. ....                                                                  | 47 |
| Gambar 3. 38 Sketsa Benda Uji.....                                                                            | 48 |
| Gambar 3. 39 <i>Dry Laboratory Condition</i> . ....                                                           | 49 |
| Gambar 3. 40 <i>Wet towel Condtion</i> .....                                                                  | 49 |
| Gambar 3. 41 <i>Dry-Wet Cyle Condition</i> . ....                                                             | 50 |
| Gambar 3. 42 skema pengujian <i>halfcell</i> potensial.....                                                   | 50 |
| Gambar 4. 1 Grafik persen lolos kumulatif.....                                                                | 51 |
| Gambar 4. 2 Grafik persen lolos kumulatif.....                                                                | 52 |

|              |                                                                                                                                                                                                                   |    |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 3  | Grafik potensial korosi pada masa perawatan, (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm. ....                                                                                                                 | 56 |
| Gambar 4. 4  | Grafik pengaruh tebal selimut mortar terhadap nilai potensial korosi saat masa perawatan, (a) <i>steel coating</i> (b) <i>surface coating</i> dan (c) non coating .....                                           | 57 |
| Gambar 4. 5  | Gambar 4.5 Grafik perbandingan potensial korosi pada kondisi paparan <i>dry-wet cycle</i> , (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm .....                                                                  | 59 |
| Gambar 4. 6  | Grafik perbandingan potensial korosi pada kondisi paparan <i>dry laboratory condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm .....                                                                  | 59 |
| Gambar 4. 7  | Grafik perbandingan potensial korosi pada kondisi <i>wet towel condition</i> , (a) tebal selimut 3 cm, (b) tebal selimut 5 cm .....                                                                               | 60 |
| Gambar 4. 8  | Grafik perbandingan tebal selimut beton terhadap nilai potensial korosi, (a) <i>non coating</i> , (b) dengan pencegahan <i>steel coating</i> , (c) dengan pencegahan <i>surface concrete coating</i> . ....       | 61 |
| Gambar 4. 9  | Grafik perbandingan nilai potensial korosi exposure condition method, (a) pada benda uji <i>non coating</i> , (b) pada benda uji <i>steel coating</i> , (c) pada benda uji <i>surface concrete coating</i> . .... | 63 |
| Gambar 4. 10 | Grafik potensial korosi dengan pencegahan pada masa perawatan dan masa paparan (exposure condition), (a) pada selimut 5 cm, (b) pada selimut 3 cm .....                                                           | 64 |
| Gambar 4. 11 | Grafik potensial korosi dengan pencegahan pada masa perawatan dan masa paparan <i>wet towel</i> , (a) pada selimut 5 cm, (b) pada selimut 3 cm.....                                                               | 65 |
| Gambar 4. 12 | Grafik potensial korosi dengan pencegahan pada masa perawatan dan masa paparan <i>dry wet cyle</i> , (a) pada selimut 5 cm, (b) pada selimut 3 cm.....                                                            | 65 |
| Gambar 4. 13 | Diagram rata rata nilai potensial pada masa perawatan dan masa exposure condition.....                                                                                                                            | 66 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|                                                                          |    |
|--------------------------------------------------------------------------|----|
| Lampiran 1. Pengujian gradasi dan agregat halus.....                     | 71 |
| Lampiran 2. Pengujian kadar air agregat halus.....                       | 73 |
| Lampiran 3. Pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus ..... | 74 |
| Lampiran 4. Pengujian kadar lumpur agregat halus.....                    | 76 |

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

| Simbol         | Dimensi             | Keterangan                                 |
|----------------|---------------------|--------------------------------------------|
| B              | [g]                 | berat <i>piknometer</i> bersih             |
| Bt             | [g]                 | berat <i>piknometer</i> + air + benda uji  |
| Bk             | [g]                 | berat benda uji kering oven                |
| SSD            | [g]                 | berat benda uji                            |
| W1             | [g]                 | massa benda uji                            |
| W2             | [g]                 | massa benda uji kering oven                |
| B1             | [g]                 | massa benda uji kering oven sebelum dicuci |
| B2             | [g]                 | massa benda uji kering oven setelah dicuci |
| Wp             | [g]                 | berat pasir                                |
| Wa             | [g]                 | berat air                                  |
| Wsp            | [g]                 | berat <i>superplasticizer</i>              |
| D1             | [L]                 | diameter awal                              |
| D2             | [L]                 | diameter setelah uji flow                  |
| A <sub>0</sub> | [L] <sup>2</sup>    | luas penampang awal                        |
| A <sub>1</sub> | [L] <sup>2</sup>    | luas penampang akhir                       |
| % δA           | [%]                 | persen pengurangan luas                    |
| D              | [M/L <sup>3</sup> ] | densitas beton                             |
| Mc             | [M]                 | massa wadah ukur yang diisi beton          |
| Mm             | [M]                 | massa wadah ukur kosong                    |
| Vm             | [L] <sup>3</sup>    | volume wadah ukur                          |

## DAFTAR SINGKATAN

|                                  |                                                     |
|----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| PPC                              | : <i>Portland Pozzolan Cement</i>                   |
| SP                               | : <i>Superplasticizer</i>                           |
| SNI                              | : Standar Nasional Indonesia                        |
| BSN                              | : Badan Standarisasi Nasional                       |
| ASTM                             | : <i>American Society for Testing and Materials</i> |
| HCP                              | : <i>Half-Cell Potential</i>                        |
| OCP                              | : <i>Open Circuit Potential</i>                     |
| SSE                              | : <i>Silver-Silver / Chloride Electrode</i>         |
| CSE                              | : <i>Calomel Saturated Electrode</i>                |
| NaCl                             | : Natrium Klorida                                   |
| Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> | : Natrium Silikat                                   |
| NaOH                             | : Natrium Hidroksida                                |
| H <sub>2</sub> O                 | : Air                                               |

## DAFTAR ISTILAH

1. *Exposure condition*  
Masa paparan mortar.
2. *Steel coating*  
Metode pencegahan korosi dengan pemberian lapisan cat atau inhibitor ke permukaan tulangan baja.
3. *Surface concrete coating*  
Metode pencegahan korosi dengan pemberian lapisan cat atau inhibitor ke permukaan beton atau mortar.
4. *Fresh properties*  
Beton atau mortar dalam kondisi segar.
5. *Hardened properties*  
Beton atau mortar dalam kondisi yang sudah mengeras.
6. *Admixture*  
Bahan tambahan dalam campuran beton atau mortar.
7. *Workability*  
Kemudahan dalam mengerjakan beton atau mortar
8. *Dry laboratory*  
Kondisi kering udara laboratorium
9. *Wet Towel*  
Kondisi pada saat dibalut handuk basah
10. *Dry wet cycle*  
Kondisi basah kering
11. *Half-cell potential*  
Teknik yang digunakan untuk mengetahui potensi korosi yang terjadi pada baja tulangan.