

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS PENGARUH PERBEDAAN KARAT PADA PRE-KOROSI DAN POST-KOROSI BETON MENGGUNAKAN METODE *RESISTIVITY* DAN *IMPACT-ECHO***

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



**Disusun oleh:**

**Mujadid Akhsanul Fikri  
20180110014**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2022**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mujadid Akhsanul Fikri  
NIM : 20180110014  
Judul : Analisis Pengaruh Perbedaan tingkat Karat pada  
Pre-korosi dan Post-korosi Beton Menggunakan  
Metode *Resistivity* dan *Impact Echo*

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, 21 April 2022

Yang membuat pernyataan



Mujadid Akhsanul Fikri

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mujadid Akhsanul Fikri

NIM : 20180110014

Judul : Analisis Pengaruh Perbedaan tingkat Karat pada Pre-korosi dan Post-korosi Beton Menggunakan Metode *Resistivity* dan *Impact Echo*

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul *Durability and Mechanical Properties of Corroded Lightweight Concrete and Mortars* dan didanai melalui skema hibah kolaboratif luar negeri oleh Lembaga Riset dan Inovasi (LRI) Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2022 dengan nomor hibah 01/RIS-LRUU2022.

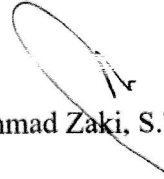
Yogyakarta, 21 April 2022

Penulis,



Mujadid Akhsanul Fikri

Dosen Peneliti,



Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D

Dosen Anggota Peneliti 1,



Dr. Ir. Seplika Yadi, ST, MT

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT tuhan semesta alam yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada saya sehingga tugas akhir ini dapat diselesaikan.

### **Ir. Ahmad Zaki S.T., M.Sc., Ph.D.**

Terima kasih kepada Ir. Ahmad Zaki S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang telah memberikan bimbingan selama ini hingga akhirnya tugas akhir ini dapat diselesaikan.

### **Kepada Orang Tua**

Terima kasih kepada Ayah dan Ibunda yang tak henti-hentinya memberikan dukungan yang luar biasa serta adik penulis dimana dengan dukungan dan bantuan moril dari kalian, penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik dan sesuai dengan yang diharapkan.

### **Kepada Teman-Teman**

Terima kasih kepada teman-teman yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir.

### **Kepada Arinta Cahya Fatihah S.Pd.**

Terima kasih karena sudah membantu menyelesaikan Tugas Akhir.

## PRAKATA



*Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh*

Segala puji bagi Allah SWT yang menguasai segala sesuatu. Sholawat dan salam selalu tercurahkan kepada Rasulullah SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui akses pengaruh perbedaan tingkat karat pada pre-korosi dan post-korosi beton menggunakan metode *resistivity dan impact echo*

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:

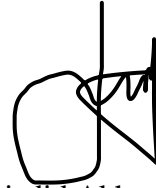
1. Bapak Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Bapak Ir. Ahmad Zaki, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir
3. Dr. Eng. Ir. Pinta Astuti, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Pendamping
4. Orang Tua dan Saudara saya yang telah memberikan banyak dukungan, doa serta nasihat dalam menyusun tugas akhir ini hingga dapat selesai dengan baik
5. Sahabat serta teman-teman seperjuangan yang telah membantu, menyemangati serta menemani saya dalam penyelesaian tugas akhir

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.*

Yogyakarta, 21 April 2021

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, rounded initial 'M' followed by several loops and a vertical line extending upwards.

Mujadid Akhsanul Fikri

## DAFTAR ISI

|   |       |
|---|-------|
| LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....                   | iii   |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                              | iv    |
| HALAMAN PERNYATAAN .....                              | v     |
| HALAMAN PERSEMBAHAN .....                             | vi    |
| PRAKATA .....   | vii   |
| DAFTAR ISI .....                                      | ix    |
| DAFTAR TABEL .....                                    | xii   |
| DAFTAR GAMBAR .....                                   | xiii  |
| DAFTAR LAMPIRAN .....                                 | xvi   |
| DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG .....                       | xvii  |
| DAFTAR SINGKATAN .....                                | xviii |
| DAFTAR ISTILAH .....                                  | xix   |
| ABSTRAK .....   | xx    |
| <i>ABSTRACT</i> .....                                 | xxi   |
| BAB I. PENDAHULUAN .....                              | 1     |
| 1.1 Latar Belakang .....                              | 1     |
| 1.2 Rumusan Masalah .....                             | 3     |
| 1.3 Lingkup Penelitian .....                          | 4     |
| 1.4 Tujuan Penelitian .....                           | 5     |
| 1.5 Manfaat Penelitian .....                          | 6     |
| BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....     | 7     |
| 2.1 Pendahuluan .....                                 | 7     |
| 2.2 Tinjauan Pustaka .....                            | 7     |
| 2.2.1 Penelitian Terdahulu .....                      | 7     |
| 2.3 Perbedaan Penelitian Terdahulu dan Sekarang ..... | 22    |
| 2.4 Dasar Teori .....                                 | 24    |
| 2.4.1 Beton .....                                     | 24    |
| 2.4.2 Beton Ringan .....                              | 25    |
| 2.4.3 Bahan Penyusun Beton .....                      | 25    |
| 2.4.4 Pemeriksaan Agregat .....                       | 28    |
| 2.4.5 Fresh Properties .....                          | 30    |
| 2.4.6 Slump Test .....                                | 31    |
| 2.4.7 Korosi .....                                    | 31    |

|                 |   |           |
|-----------------|---|-----------|
| 2.4.8           | Metode NDT .....  | 33        |
| <b>BAB III.</b> | <b>METODE PENELITIAN.....</b>                               | <b>37</b> |
| 3.1             | Materi Penelitian.....                                      | 37        |
| 3.2             | Alat dan Bahan .....  | 37        |
| 3.2.1           | Alat.....   | 37        |
| 3.2.2           | Bahan .....   | 45        |
| 3.3             | Tempat dan Waktu Penelitian.....                            | 47        |
| 3.4             | Tahapan Penelitian.....                                     | 47        |
| 3.4.1           | Studi Literatur .....                                       | 49        |
| 3.4.2           | Persiapan Alat dan Bahan .....                              | 49        |
| 3.4.3           | Pencampuran Bahan .....                                     | 49        |
| 3.4.4           | Uji Slump.....  | 50        |
| 3.4.5           | Percetakan Benda Uji.....                                   | 50        |
| 3.4.6           | Pengujian NDT Sebelum Korosi .....                          | 50        |
| 3.4.7           | Akselerasi Korosi.....                                      | 51        |
| 3.4.8           | Pengujian NDT Setelah Korosi.....                           | 52        |
| 3.5             | Analisis Data.....  | 53        |
| 4.1             | Pengujian Sifat Penyusun Beton.....                         | 54        |
| 4.1.1           | Pengujian Gradasi Butiran Agregat Halus.....                | 54        |
| 4.1.2           | Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Pasir .....        | 55        |
| 4.1.3           | Pengujian Berat isi Agregat Halus.....                      | 55        |
| 4.1.4           | Pengujian Kadar Air Agregat Halus .....                     | 55        |
| 4.1.5           | Pengujian Kadar Lumpur.....                                 | 56        |
| 4.1.6           | Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar..... | 56        |
| 4.1.7           | Pengujian Kadar Air Agregat Kasar .....                     | 56        |
| 4.1.8           | Pengujian Kadar lumpur Agregat Kasar .....                  | 56        |
| 4.1.9           | Pengujian Berat Isi Agregat Kasar.....                      | 56        |
| 4.1.10          | Pengujian Keausan Agregat Kasar .....                       | 57        |
| 4.2             | Mix <i>Design</i> .....                                     | 57        |
| 4.2.1           | Mix Design Beton Pre-Korosi dan Post-Korosi .....           | 57        |
| 4.3             | Densitas Beton .....  | 58        |
| 4.4             | Kuat Lentur.....  | 59        |
| 4.5             | Akselerasi Korosi.....                                      | 60        |
| 4.6             | Pengujian <i>Resistivity</i> .....                          | 62        |
| 4.6.1           | Benda Uji beton Berkarat Pre-korosi.....                    | 62        |
| 4.6.2           | Benda uji beton berkarat post-korosi .....                  | 63        |



|                                   |  |      |
|-----------------------------------|--|------|
| 4.6.3                             | Perbandingan antara Benda Uji Pre-korosi dan Post-korosi.....                              | 65   |
| 4.6.4                             | Hubungan antara Resistivity dan Density pada Beton berkarat Pre-Korosi.....                | 65   |
| 4.6.5                             | Hubungan antara Resistivity dan Density pada Beton berkarat Post-Korosi.....               | 66   |
| 4.6.6                             | Hubungan antara Resistivity dan Density pada Beton Post-Korosi setelah Korosi .....        | 67   |
| 4.6.7                             | Hubungan antara Resistivity dan Kuat Lentur pada Beton Pre-Korosi.....                     | 68   |
| 4.6.8                             | Hubungan antara Resistivity dan Kuat Lentur pada Beton Berkarat Post -Korosi .....         | 68   |
| 4.7                               | Pengujian Impact Echo .....  | 69   |
| 4.7.1                             | Benda Uji Beton Pre-Korosi .....   | 69   |
| 4.7.2                             | Benda Uji Beton Post-Korosi .....  | 73   |
| 4.7.3                             | Hubungan <i>Impact-Echo</i> pada Benda Uji Beton Pre-korosi dan Post-korosi... ..          | 81   |
| 4.7.4                             | Hubungan antara nilai <i>Impact-Echo</i> dan Density pada Beton berkarat Pre-Korosi.....   | 82   |
| 4.7.5                             | Hubungan antara nilai <i>Impact-Echo</i> dan Density pada Beton berkarat Post-Korosi ..... | 82   |
| 4.7.6                             | Hubungan antara <i>Impact-Echo</i> dan Kuat Lentur pada Beton Pre-Korosi.....              | 83   |
| 4.7.7                             | Hubungan antara <i>Impact-Echo</i> dan Kuat Lentur pada Beton Post-Korosi.....             | 84   |
| 4.7.8                             | Hubungan antara Resistivity dan Impact-Echo pada Beton Berkarat Pre-Korosi.....            | 84   |
| 4.7.9                             | Hubungan antara Resistivity dan Impact-Echo pada Beton Berkarat Post-Korosi .....          | 85   |
| BAB V.. KESIMPULAN DAN SARAN..... |  | 86   |
| 5.1                               | Kesimpulan.....  | 86   |
| 5.2                               | Saran .....  | 87   |
| DAFTAR PUSTAKA .....              |  | xxiv |

## DAFTAR TABEL

|   |    |
|---|----|
| Tabel 2. 1 Interpretasi aktivitas korosi menggunakan metode <i>resistivity</i> dan metode lain .....                                      | 7  |
| Tabel 2. 2 Resistivitas beton dan risiko korosi pada tulangan baja. ....  | 8  |
| Tabel 2. 3 Frekuensi alami balok retak untuk $a = 375\text{mm}$ dan $d = 4,8,12\text{ mm}$ ....   | 17 |
| Tabel 2. 4 Frekuensi alami balok retak untuk $d = 4\text{ mm}$ dan $a = 165,335,415\text{ mm}$ .....                                      | 17 |
| Tabel 2. 5 Tingkat korosi berdasarkan tahanan beton.....  | 21 |
| Tabel 2. 6 Penelitian Terdahulu .....   | 22 |
| Tabel 2. 7 Perbandingan tingkat penetrabilitas klorida yang ditetapkan untuk standar berdasarkan resistivitas listrik (AASHTO TP 95)..... | 34 |
| Tabel 2. 8 Wilayah Frekuensi untuk beberapa sumber gelombang yang digunakan (Rosyidi et al., 2004).....                                   | 35 |
| Tabel 3. 1 Benda Uji Post-Korosi .....  | 50 |
| Tabel 3. 2 Percetakan Benda Uji Pre-korosi .....  | 51 |
| Tabel 4. 1 Gradasi kekasaran pasir .....  | 55 |
| Tabel 4. 2 <i>Mix design</i> benda uji <i>Pre-Korosi</i> .....  | 57 |
| Tabel 4. 3 <i>Mix design</i> benda uji <i>Post-Korosi</i> .....   | 58 |
| Tabel 4. 4 Nilai <i>Density</i> (Pre-Korosi) .....  | 58 |
| Tabel 4. 5 Nilai Densitas beton sebelum korosi (Post-korosi).....   | 59 |
| Tabel 4. 6 Perbandingan densitas kering sebelum dan sesudah korosi.....   | 59 |
| Tabel 4. 7 Hasil kuat lentur beton pre korosi .....   | 60 |
| Tabel 4. 8 Hasil kuat lentur beton post-korosi .....  | 60 |
| Tabel 4. 9 Hasil akselerasi korosi ( <i>Pre-Korosi</i> ).....   | 61 |
| Tabel 4. 10 Hasil akselerasi korosi ( <i>Post-Korosi</i> ) .....  | 61 |
| Tabel 4. 21 Nilai frekuensi <i>Impact Echo</i> pada beton pre-korosi.....   | 72 |
| Tabel 4. 22 Nilai frekuensi <i>Impact Echo</i> pada benda uji post-korosi sebelum korosi.....   | 76 |
| Tabel 4. 23 Nilai Frekuensi <i>Impact Echo</i> pada Beton Post-Korosi Setelah Terkorosi .....   | 79 |

## DAFTAR GAMBAR

|   |    |
|---|----|
| Gambar 2. 1 Teknik pengukuran resistivitas listrik metode uniaksial dua titik.....                                      | 8  |
| Gambar 2. 2 Hubungan antara <i>resistivity</i> listrik dan suhu beton. ....   | 10 |
| Gambar 2. 3 Hubungan antara resistivitas listrik dan kuat tekan.....  | 10 |
| Gambar 2. 4 Dampak <i>Impact-Echo</i> .....   | 11 |
| Gambar 2. 5 Hasil pengujian balok dengan kode B.....  | 11 |
| Gambar 2. 6 Grafik pengujian balok dengan kode B.....   | 12 |
| Gambar 2. 7 Hasil pengujian balok dengan kode E.....  | 12 |
| Gambar 2. 8 Grafik pengujian balok dengan kode E.....   | 12 |
| Gambar 2. 9 Hasil pengujian balok dengan kode F.....  | 12 |
| Gambar 2. 10 Grafik pengujian balok dengan kode F.....  | 13 |
| Gambar 2. 11 Grafik hubungan antara kuat tekan dan kuat lentur pada balok.....  | 14 |
| Gambar 2. 12 Skema pengukuran potensial korosi permukaan.....   | 15 |
| Gambar 2. 13 Hasil pengujian <i>Schmidt Hammer</i> .....  | 16 |
| Gambar 2. 14 Rekam sinyal deret waktu selama seluruh durasi gema setelah tumbukan singkat pada dahi prisma pertama..... | 18 |
| Gambar 2. 15 Spektrum rekaman sinyal gema tertinggi yang ditimbulkan oleh tumbukan pendek pada dahi prisma pertama..... | 18 |
| Gambar 2. 16 Titik uji pada benda uji dan bentuk penampangnya.....  | 19 |
| Gambar 2. 17 Korelasi antara frekuensi puncak yang diperoleh dari <i>Impact-Echo</i> .....                              | 20 |
| Gambar 2. 18 Laju korosi teoritis diperoleh dari hukum <i>Faradays</i> vs laju korosi eksperimen.....                   | 20 |
| Gambar 2. 19 Reaksi korosi pada tulangan (Broomfield, 2003).....  | 33 |
| Gambar 2. 20 Ilustrasi pengujian resistivity pada beton.....  | 34 |
| Gambar 2. 21 Prosedur pelaksanaan metode NDT menggunakan <i>Impact-Echo</i> .....                                       | 35 |
| Gambar 2. 22 Hasil uji NDT menggunakan <i>Impact-Echo</i> .....   | 35 |
| Gambar 3. 1 <i>Concrete mixer</i> .....   | 37 |
| Gambar 3. 2 Kerucut <i>Abrams</i> .....   | 38 |
| Gambar 3. 3 Batang penusuk.....   | 38 |
| Gambar 3. 4 Alas.....   | 39 |
| Gambar 3. 5 Penggaris.....  | 39 |
| Gambar 3. 6 Cetakan beton balok.....  | 40 |
| Gambar 3. 7 Karung goni.....  | 40 |
| Gambar 3. 8 Timbangan.....  | 41 |
| Gambar 3. 9 Mesin <i>Los Angeles</i> .....  | 41 |
| Gambar 3. 10 Sterofoam.....   | 41 |
| Gambar 3. 11 Oven.....  | 42 |
| Gambar 3. 12 <i>Shaker</i> .....  | 42 |
| Gambar 3. 13 Meteran.....   | 43 |
| Gambar 3. 14 Saringan.....  | 43 |
| Gambar 3. 15 <i>DC power supply</i> .....   | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Gambar 3. 16 Alat uji <i>resistivity</i> .....  | 44 |
| Gambar 3. 17 Alat uji <i>impact echo</i> .....  | 45 |
| Gambar 3. 18 Agregat Kasar dan Halus.....   | 45 |
| Gambar 3. 19 Semen.....   | 45 |
| Gambar 3. 20 Air.....   | 46 |
| Gambar 3. 21 Limbah cangkang kelapa sawit .....   | 46 |
| Gambar 3. 22 Serat Masker.....  | 47 |
| Gambar 3. 23 <i>Superplasticizer</i> .....  | 47 |
| Gambar 3. 24 Bagan alir tahapan penelitian .....  | 48 |
| Gambar 3. 25 Percetakan benda uji.....  | 49 |
| Gambar 3. 26 Proses akselerasi korosi.....  | 52 |
| Gambar 3. 27 Ilustrasi pembagian sisi untuk uji <i>Resistivity</i> .....  | 52 |
| Gambar 3. 28 Proses uji <i>Resistivity</i> .....  | 53 |
| Gambar 3. 29 Ilustrasi perletakan titik dan sensor untuk uji <i>Impact-Echo</i> .....                               | 53 |
| Gambar 3. 30 Pengujian NDT menggunakan <i>Impact-Echo</i> .....   | 53 |
| Gambar 4. 1 Persen lolos kumulatif pasir .....  | 54 |
| Gambar 4. 2 Grafik uji <i>resistivity</i> benda uji pre-korosi .....  | 62 |
| Gambar 4. 3 Grafik uji <i>resistivity</i> pada benda uji post-korosi sebelum korosi.....                            | 63 |
| Gambar 4. 4 Grafik uji <i>resistivity</i> pada benda uji post-korosi sesudah korosi .....                           | 64 |
| Gambar 4. 5 Grafik uji <i>resistivity</i> pada benda uji post-korosi sebelum dan sesudah korosi .....               | 65 |
| Gambar 4. 6 Grafik <i>resistivity</i> pada benda uji pre-korosi dan post-korosi .....                               | 65 |
| Gambar 4. 7 Grafik perbandingan <i>resistivity</i> dan <i>density</i> beton pre-korosi.....                         | 66 |
| Gambar 4. 8 Grafik perbandingan <i>resistivity</i> dan <i>density</i> beton post-korosi sebelum terkorosi .....     | 67 |
| Gambar 4. 9 Grafik perbandingan uji <i>resistivity</i> dan <i>density</i> beton post-korosi setelah terkorosi ..... | 67 |
| Gambar 4. 10 Grafik hubungan antara <i>resistivity</i> dan kuat lentur beton pre-korosi .....                       | 68 |
| Gambar 4. 11 Hubungan antara <i>resistivity</i> dan kuat lentur beton post-korosi .....                             | 69 |
| Gambar 4. 12 Grafik Impact-echo pada beton pre-korosi 0% .....  | 70 |
| Gambar 4. 13 Grafik Impact-echo pada beton pre-korosi 1% .....  | 70 |
| Gambar 4. 14 Grafik Impact-echo pada beton pre-korosi 2% .....  | 70 |
| Gambar 4. 15 Grafik Impact-echo pada beton pre-korosi 3% .....  | 71 |
| Gambar 4. 16 Grafik Impact-echo pada beton pre-korosi 4 % .....   | 71 |
| Gambar 4. 17 Grafik Impact-echo pada beton pre-korosi 5 % .....   | 71 |
| Gambar 4. 18 Grafik Gabungan gabungan <i>Impact-Echo</i> benda uji pre-korosi.....                                  | 72 |
| Gambar 4. 19 Grafik Korelasi Impact-Echo pada Benda Uji Pre-korosi.....   | 73 |
| Gambar 4. 20 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi. ....                                  | 73 |
| Gambar 4. 21 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi. ....                                  | 74 |
| Gambar 4. 22 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi. ....                                  | 74 |

|  |    |
|--|----|
| Gambar 4. 23 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi.<br>.....                                   | 74 |
| Gambar 4. 24 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi.<br>.....                                   | 75 |
| Gambar 4. 25 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi.<br>.....                                   | 75 |
| Gambar 4. 26 Grafik gabungan <i>Impact-Echo</i> benda uji post-korosi sebelum korosi<br>.....                            | 75 |
| Gambar 4. 27 Grafik korelasi <i>impact-echo</i> Beton Post-korosi sebelum Terkorosi<br>.....                             | 76 |
| Gambar 4. 28 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi setelah Terkorosi.<br>.....                                   | 77 |
| Gambar 4. 29 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi setelah terkorosi.<br>.....                                   | 77 |
| Gambar 4. 30 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi sebelum terkorosi.<br>.....                                   | 78 |
| Gambar 4. 31 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi setelah terkorosi.<br>.....                                   | 78 |
| Gambar 4. 32 Grafik Impact-Echo pada Benda Uji Post-korosi setelah terkorosi.<br>.....                                   | 78 |
| Gambar 4. 33 Grafik <i>Impact-Echo</i> pada Benda Uji Post-korosi setelah terkorosi.<br>.....                            | 79 |
| Gambar 4. 34 Grafik Gabungan Impact-Echo Post-korosi setelah terkorosi.....  | 79 |
| Gambar 4. 35 Nilai <i>Impact-echo</i> Benda Uji Post-korosi setelah Terkorosi.....                                       | 80 |
| Gambar 4. 36 Grafik Uji <i>Impact-Echo</i> Benda Uji Post-korosi sebelum dan setelah<br>Dilakukan Akselerasi Korosi..... | 81 |
| Gambar 4. 37 Hubungan antara benda Uji Pre-korosi dan Post-korosi.....   | 81 |
| Gambar 4. 38 Hubungan antara nilai <i>Impact-Echo</i> dan <i>Density</i> pada Beton<br>berkarat Pre-Korosi .....         | 82 |
| Gambar 4. 39 Hubungan antara nilai <i>Impact-Echo</i> dan <i>Density</i> pada Beton<br>berkarat Post-Korosi .....        | 83 |
| Gambar 4. 40 Hubungan antara nilai <i>Impact-Echo</i> dan Kuat Lentur pada Beton<br>berkarat Pre-Korosi .....            | 83 |
| Gambar 4. 41 Hubungan antara nilai <i>Impact-Echo</i> dan Kuat Lentur pada Beton<br>berkarat Post-Korosi .....           | 84 |
| Gambar 4. 42 Hubungan antara <i>Impact-echo</i> dan <i>Resistivity</i> pada Beton <i>Pre-</i><br><i>korosi</i> .....     | 84 |
| Gambar 4. 43 Hubungan antara <i>Impact-Echo</i> dan <i>Resistivity</i> pada beton <i>Post-</i><br><i>korosi</i> .....    | 85 |

## DAFTAR LAMPIRAN

|   |         |
|---|---------|
| Lampiran 1. Pengujian berat jenis dan penyerapan air kerikil.....         | xxv     |
| Lampiran 2 Pengujian berat jenis dan penyerapan air cangkang kelapa sawit | xxvii   |
| Lampiran 3. Pengujian berat isi kerikil .....                             | xxix    |
| Lampiran 4. Pengujian berat isi cangkang kelapa sawit .....               | xxx     |
| Lampiran 5. Pengujian kadar air kerikil.....                              | xxxii   |
| Lampiran 6. Pengujian kadar air cangkang kelapa sawit.....                | xxxiii  |
| Lampiran 7. Pengujian kadar lumpur kerikil .....                          | xxxiiii |
| Lampiran 8. Pengujian kadar lumpur cangkang kelapa sawit .....            | xxxiv   |
| Lampiran 9. Pengujian keausan kerikil.....                                | xxxv    |
| Lampiran 10. Pengujian keausan cangkang kelapa sawit .....                | xxxvi   |
| Lampiran 11. Pengujian gradasi pasir .....                                | xxxvii  |
| Lampiran 12. Pengujian berat jenis dan penyerapan air pasir .....         | xxxix   |
| Lampiran 13. Pengujian berat isi pasir.....                               | xli     |
| Lampiran 14. Pengujian kadar air pasir .....                              | xlii    |
| Lampiran 15. Pengujian kadar lumpur pasir .....                           | xliiii  |
| Lampiran 16. Pengujian <i>mix design</i> .....                            | xliv    |
| Lampiran 17 Data SASW (pre-korosi) .....                                  | xlvi    |
| Lampiran 18. Data SASW (Post-korosi) sebelum korosi .....                 | li      |
| Lampiran 19. Data SASW (Post-korosi).....                                 | liv     |

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

| Simbol | Dimensi                | Keterangan       |
|--------|------------------------|------------------|
| $f^c$  | [M] [L <sup>-2</sup> ] | Kuat tekan       |
| R      | [M] [L <sup>-2</sup> ] | Modulus runtuh   |
| A      | [L <sup>2</sup> ]      | Luas efektif     |
| P      | [M]                    | Beban maksimum   |
| V      | [L <sup>3</sup> ]      | Volume           |
| W      | [M]                    | Berat            |
| D      | [L]                    | Diameter         |
| T      | [L]                    | Tinggi           |
| P      | [M]                    | Beban Maksimum   |
| L      | [L]                    | Panjang Bentang  |
| b      | [L]                    | Lebar Balok      |
| d      | [L]                    | Tinggi Balok     |
| M      | [-]                    | Nomor Atom Logam |
| $flt$  | [M] [L <sup>-2</sup> ] | Kuat Lentur      |

## DAFTAR SINGKATAN

|     |                               |
|-----|-------------------------------|
| CKS | : Cangkang Kelapa Sawit       |
| SDA | : Sumber Daya Alam            |
| OPS | : <i>Oil Palm Shell</i>       |
| BSN | : Badan Standarisasi Nasional |
| SNI | : Standar Nasional Indonesia  |
| NDT | : <i>Non-Destructive Test</i> |
| MHB | : Modulus Halus Butir         |



## DAFTAR ISTILAH

1. *Optimum*  
Komposisi terbaik yang digunakan dalam sebuah campuran.
2. *Curing*  
Perawatan yang dilakukan untuk mencegah keretakan pada beton akibat proses hidrasi, yang dapat menurunkan kekuatan beton.
3. *Mix Design*  
Pekerjaan merancangan dan menentukan material bermutu tinggi agar menghasilkan beton dengan mutu sesuai rencana.
4. *Slump*  
Nilai pengujian yang digunakan untuk menentukan nilai kelecakan dari beton segar
5. *Non-Destructive Test*  
Suatu Pengetesan beton tanpa merusak struktur dari beton tersebut
6. *Serviceability*  
Hilangnya pelayanan pada struktur beton bertulang