

## **TUGAS AKHIR**

### **STUDI DURABILITAS STRUKTUR PERKERASAN KAKU TERHADAP KOROSITAS PADA LINGKUNGAN ASAM DENGAN pH 1**

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



**Disusun oleh:**  
**Rezki Amalia**  
**20170110167**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**  
**2021**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Rezki Amalia  
NIM : 20170110167  
Judul : Studi Durabilitas Struktur Perkerasan Kaku Terhadap  
Korositas pada Lingkungan Asam dengan pH 1.

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “Studi Durabilitas Struktur Perkerasan Kaku Terhadap Korositas pada Lingkungan Asam dengan pH 1” dan didanai melalui skema hibah penelitian internal pada tahun 2021 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2021 melalui Hibah Penerima Hibah Penelitian Program Peningkatan Tri Dharma Perguruan Tinggi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta berjudul *Innovative Non-Destructive Seismic and Deflection Testings for Quality Assurance And Evaluation of Pavement Structures*.

Penulis,

Yogyakarta, 17 April 2021

Dosen Peneliti,



Rezki Amalia



Ir. Sri Atmaja PJNRR, S.T., M.Sc.Eng.,  
PG-Certif., Ph.D., P.Eng., IPM.,

## HALAMAN PERYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini.

Nama : Rezki Amalia

NIM : 20170110167

Judul : Studi Durabilitas Struktur Perkerasan Kaku Terhadap  
Korositas pada Lingkungan Asam dengan pH 1.

Menyatakan yang 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, 17 April 2021

Yang membuat pernyataan

  
rezki Amalia

## HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini dipersembahkan kepada:

1. Allah SWT yang selalu memberikan kesehatan, kekuatan dan atas limpah nikmat dan karunia-Nya saya bisa menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik baiknya.
2. Yang tercinta dan tersayang Ummiku Hj. Nahriah, Bapakku H. Baddu M, serta kakak-kakakku Sutarni, S.Pd., Ilham, dan Rahmawati, S.kep., terima kasih selalu senantiasa memberikan doa, dukungan, kasih dan sayangnya kepadaku.
3. Dosen pembimbing saya Ir. Sri Atmaja PJNNR, S.T., M.Sc.Eng., PG-Certif., Ph.D., P.Eng., IPM., yang bersedia membimbing dengan penuh rasa sabar dan meluangkan waktunya untuk membimbing saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Saya sendiri Rezki Amalia, terima kasih untuk diriku yang selalu kuat walau banyak rintangan dan cobaan yang selalu menghampiri. Akhirnya setelah drama yang panjang saya bisa melaluinya dengan penuh rasa sabar.
5. Teruntuk Aditya Aria Hermawan, terima kasih telah menjadi *support system* ku, pendengar yang baik untuk segala keluhan dari drama Tugas Akhir ini.
6. Teruntuk Tim saya Fikri Priadi, Ballar Ihzatical, dan Farhan Yazid terima kasih atas kerja samanya sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
7. Seluruh rekan Teknik sipil UMY beserta staf/karyawan yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan.

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ii</b>
<b>HALAMAN PERYATAAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERYATAAN.....</b>	<b>iv</b>
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vi</b>
<b>PRAKATA .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR SINGKATAN.....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG.....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR ISTILAH.....</b>	<b>xviii</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>xix</b>
<b>ABSTRAC.....</b>	<b>xx</b>
<b>BAB I.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Lingkup Penelitian .....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
<b>BAB II.....</b>	<b>4</b>
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4

2.2.1	Penelitian terdahulu.....	4
2.2	Dasar Teori.....	26
2.2.1	Beton .....	26
2.2.2	Komposisi beton.....	28
2.2.3	Bahan tambahan ( <i>Admixture</i> ).....	32
2.2.4	Air asam .....	33
2.2.5	Perencanaan pencampuran beton ( <i>mix design</i> ) .....	33
2.2.6	Pengujian <i>slump</i> .....	34
2.2.7	Pengujian waktu ikat ( <i>Setting time</i> ) .....	35
2.2.8	Perawatan ( <i>Curing</i> ).....	35
2.2.9	Pengujian <i>hammer test</i> beton .....	35
2.2.10	Pengujian resistivitas beton.....	36
2.2.11	Pengujian analisis spektrum gelombang permukaan .....	36
<b>BAB III</b>	.....	<b>38</b>
3.1	Metodologi Penelitian .....	38
3.2	Tahapan Penelitian .....	38
3.3	Bagan Alir Pengujian .....	38
3.4	Bahan atau Material .....	40
3.5	Alat.....	41
3.5.1	Alat pembuatan benda uji.....	41
3.5.2	Alat pengujian durabilitas dan modulus elastisitas .....	42
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian .....	43
3.7	Desain Campuran dan Sampel .....	44
3.8	Pengambilan Data dan Metode Analisis Data.....	45

3.8.1	Penentuan nilai <i>slump</i> .....	45
3.8.2	Perawatan ( <i>Curing</i> ).....	46
3.8.3	Pengujian durabilitas beton.....	48
3.8.4	Pengujian modulus elastisitas dengan metode SASW .....	50
<b>BAB IV</b>	.....	<b>52</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	52
4.1.1	Hasil pengujian <i>slump</i> .....	52
4.1.2	Hasil pengujian waktu ikat.....	52
4.1.3	Perawatan ( <i>curing</i> ) dan perendaman beton.....	53
4.1.4	Pengujian Durabilitas Beton.....	54
4.1.5	Pengujian Modulus Elastisitas Menggunakan Metode SASW .....	62
<b>BAB V</b>	.....	<b>74</b>
5.1	Kesimpulan.....	74
5.2	Saran.....	74
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	.....	<b>76</b>
<b>LAMPIRAN</b>	.....	<b>79</b>

## 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 mengukur durabilitas pelat beton bertulang terhadap korositas di lingkungan asam pH  $\pm 1$ , berupa kuat tekan beton, resistivitas (laju korosi), dan modulus elastisitas.

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. Bapak Ir. Sri Atmaja PJNRR, S.T., M.Sc.Eng., PG-Certif., Ph.D., P.Eng., IPM., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang sabar dan tidak pernah lelah memberikan dukungan,
3. Mas Endra selaku Laboran Laboratorium Teknik Transportasi dan Jalan,
4. Kedua orang tua saya, kakak-kakakku dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayangnya,
5. Fikri dan Ballar selaku tim seperjuangan yang telah banyak membantu dan bekerjasama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,



6. Rekan-rekan angkatan 2017, *Civil Engineering E* 2016 serta semua pihak yang telah banyak membantu, memberikan dukungan selama proses tugas akhir ini hingga selesai.

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hasil pengujian daya serap air dari komposit beton (Estokova dan Smolakova, 2018).....	7
Tabel 2.2 Hasil pengujian kuat tekan beton (Umniati dkk., 2017) .....	10
Tabel 2.3 Rancangan campuran <i>Sikament-NN</i> (Megasari dan Winayati, 2017).....	11
Tabel 2.4 Hasil dari pengujian kuat tekan beton (Megasari dan Winayati, 2017).....	12
Tabel 2.5 Hasil pengujian kuat tekan beton (Claudius dan Duna, 2017).....	13
Tabel 2.6 Hasil pengujian kuat tekan beton .....	16
Tabel 2.7 Hasil pengujian kuat tekan (Meidiani dkk., 2017).....	17
Tabel 2.8 Hasil pengujian laju korosi dalam berbagai variasi jenis perendaman (Sulistyoweni dkk., 2002) .....	25
Tabel 2.9 Batas gradasi agregat halus (ASTM C33, 2013).....	29
Tabel 2.10 Susunan unsur semen portland (Tjokrodimuljo, 2007).....	31
Tabel 2.11 Nilai <i>slump</i> untuk berbagai tipe konstruksi (ACI 211, 2002) .....	34
Tabel 3.1 Campuran beton <i>ready mix</i> dari PT. Tiga Roda 44	
Tabel 4.1 Hasil pengujian waktu ikat ( <i>setting time</i> ).....	53
Tabel 4.2 Hasil pengujian resistivitas beton air normal .....	55
Tabel 4.3 Hasil pengujian resistivitas beton air asam .....	56
Tabel 4.4 Tingkat korosi berdasarkan tahanan beton.....	58
Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tekan beton normal.....	59
Lanjutan Tabel 4.6 Hasil pengujian kuat tekan beton normal.....	59
Tabel 4. 7 Hasil pengujian kuat tekan beton asam.....	60
Lanjutan Tabel 4.8 Hasil pengujian kuat tekan beton asam.....	60
Tabel 4.9 Hasil modulus elastistas pada beton normal .....	70
Lanjutan Tabel 4.9 Hasil modulus elastistas pada beton normal .....	71
Tabel 4.10 Hasil modulus elastistas pada beton asam .....	71

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 (a) Bantalan bola (b) Akselerometer (Rosyidi dkk, 2020) .....	5
Gambar 2.2 Pengaturan pengukuran SASW (Rosyidi dkk, 2020).....	5
Gambar 2.3 Alat <i>resistivity meter</i> (Widodo, 2019).....	6
Gambar 2.4 Hubungan hasil pengujian rerata nilai resistivitas terhadap umur beton (Widodo, 2019) .....	6
Gambar 2.5 Ketebalan lapisan korosi beton mengalami korosi asam sulfat setelah 150 hari (Min dan Song, 2018) .....	8
Gambar 2.6 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton (Umniati dkk., 2017).....	10
Gambar 2.7 Hasil pengujian kuat tekan beton dengan variasi presentase Sikament-NN (Megasari dan Winayati, 2017).....	11
Gambar 2.8 Hubungan antara kuat tekan dan umur <i>curing</i> beton (Claudius dan Duna, 2017).....	13
Gambar 2.9 Palu dan <i>drop weight</i> (Tamrakar dkk., 2017).....	18
Gambar 2.10 <i>Geophone</i> dan akselerometer (Tamrakar dkk., 2017) .....	18
Gambar 2.11 Perangkat keras akuisisi data (Tamrakar dkk., 2017) .....	18
Gambar 2.12 Skema desain eksperimental (Isgor, 2015).....	19
Gambar 2.13 Skema benda uji beton bertulang (Isgor, 2015) .....	19
Gambar 2.14 Efek dari penggunaan konfigurasi probe dengan jarak antar tulangan 4 inc dengan masing-masing ketebalan selimut 3,5 inc, 2,5 inc dan 1,5 inc .....	20
Gambar 2.15 Hasil pengujian beton yang di simpan dalam kondisi ruangan normal (Sanchez dan Tarranza, 2014).....	21
Gambar 2.16 Hasil pengujian beton yang di rendam dengan air payau (Sanchez dan Tarranza, 2014) .....	22
Gambar 2.17 Hasil pengujian beton dengan siklus pengeringan dan pembasahan dengan air payau (Sanchez dan Tarranza, 2014).....	22
Gambar 2.19 Hasil pengujian kuat tekan beton (Miswar, 2011) .....	23
Gambar 2.18 Hasil pengujian laju korosi terhadap mutu beton (Siregar, 2006).....	24
Gambar 2.20 Ilustrasi alat <i>hammer test</i> (ASTM C 805-02, 2002).....	36

Gambar 3.1 <i>Flowchart</i> penelitian .....	39
Gambar 3. 2 Agretgat halus.....	40
Gambar 3.3 Agregat kasar.....	40
Gambar 3.4 (a) <i>Truck Mixer</i> (b) bekisting beton (c) kerucut Abrams .....	42
Gambar 3.5 (a) <i>Hammer Test</i> (b) <i>Resistivity meter</i> (c) perangkat <i>Spectrum Analyzer</i>	43
Gambar 3.6 Bekisting.....	45
Gambar 3.7 Tulangan baja .....	45
Gambar 3.8 Tampilan menu pH meter.....	46
Gambar 3.9 Tampilan menu <i>Output</i> pH meter.....	47
Gambar 3.10 Alat sensor <i>O-Rings</i> .....	47
Gambar 3.11 Ilustrasi titik pengujian menggunakan alat <i>Resistivity meter</i> .....	48
Gambar 3.12 Hubungan antara nilai pantul dengan kekuatan tekan beton.....	49
Gambar 3.13 Ilustrasi titik pengujian menggunakan alat <i>Hammer Test</i> .....	49
Gambar 3.14 Tampilan <i>setting WinSASW 4.1</i> .....	50
Gambar 3.15 Bola baja dan <i>Microphones</i> .....	51
Gambar 3.16 Pengaturan pengukuran SASW (Rosyidi dkk, 2020).....	51
Gambar 3.17 Ilustrasi titik pengujian menggunakan <i>SASW</i> .....	51
Gambar 4.1 Hasil uji <i>slump</i> .....	52
Gambar 4.2 (a) Beton rendaman air normal (b) beton rendaman air asam .....	54
Gambar 4.3 Posisi sampel pengujian resistivitas beton .....	54
Gambar 4.4 Hubungan hasil pengujian rerata nilai resistivitas terhadap umur beton.	57
Gambar 4.5 Hubungan hasil pengujian rerata nilai kuat tekan terhadap umur beton .	61
Gambar 4.6 Pengujian SASW.....	63
Gambar 4.7 Data gelombang spektrum beton normal.....	64
Gambar 4.8 Data gelombang spektrum beton asam.....	64
Gambar 4.9 Proses penutupan sinyal ( <i>masking</i> ) beton normal .....	65
Gambar 4.10 Proses penutupan sinyal ( <i>masking</i> ) beton asam .....	65
Gambar 4.11 Kurva dispersi beton normal usia 3 hari.....	66
Gambar 4.12 Kurva dispersi beton normal usia 14 hari.....	66
Gambar 4.13 Kurva dispersi beton normal usia 28 hari.....	66

Gambar 4.14 Kurva dispersi beton normal usia 42 hari.....	67
Gambar 4.15 Kurva dispersi beton normal usia 60 hari.....	67
Gambar 4.16 Kurva dispersi beton normal usia 90 hari.....	67
Gambar 4.17 Kurva dispersi beton asam usia 3 hari.....	68
Gambar 4.18 Kurva dispersi beton asam usia 14 hari.....	68
Gambar 4.19 Kurva dispersi beton asam usia 28 hari.....	68
Gambar 4.20 Kurva dispersi beton asam usia 42 hari.....	69
Gambar 4. 21 Kurva dispersi beton asam usia 60 hari.....	69
Gambar 4.22 Kurva dispersi beton asam usia 90 hari.....	69
Gambar 4.23 Hubungan hasil pengujian nilai modulus elastisitas dengan umur beton .....	72

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Persiapan.....	79
Lampiran 1.2 Proses Pelaksanaan Pengecoran .....	80
Lampiran 1.3 Proses <i>Marking</i> Beton.....	81
Lampiran 1.4 Proses Pelaksanaan Pengujian .....	81

## DAFTAR SINGKATAN

NDT	: <i>Non Destructive Test</i>
ASTM	: <i>American Society for Testing and Materials</i>
SASW	: <i>Spectral Analysis of Surface Wave</i>
FAS	: Faktor Air Semen
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
pH	: <i>Power of Hidryogen</i>
MvpH	: <i>Milivolt Power of Hydrogen</i>
ORP	: <i>Oxidation Reduction Potensial</i>
DO	: <i>Dissolved Oxygen</i>

## DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Satuan	Keterangan
F'C 28	[MPa]	Kuat tekan beton berumur 28 hari
$\rho$	[k $\Omega$ cm]	Nilai resistivitas
K	[cm]	Jalan elektroda
V/I	[ $\Omega$ ]	Hambatan listrik
H	[Kg/cm <sup>2</sup> ]	Kuat tekan <i>hammer test</i> beton
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	[-]	Larutan asam sulfat



## DAFTAR ISTILAH

1. *Rigid Pavement*  
Suatu tipe perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama.
2. *Flexible Pavement*  
Suatu tipe perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan utama
3. *Compositie Pavement*  
Suatu tipe perkerasan jalan yang menggunakan perpaduan campuran antara beton dan semen
4. *Chemical Admixture*  
Suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke campuran beton.
5. *Beton Ready Mix*  
Beton yang pelaksanaan pengadukan dan pencampurannya dilaksanakan di lokasi suatu perusahaan.
6. *Hammer Test*  
Suatu pengujian mutu permukaan beton yang sifatnya tidak merusak beton.
7. Resistivitas  
Suatu kemampuan spesimen untuk menghambat arus listrik.
8. *Setting Time*  
Suatu pengujian yang bertujuan untuk melihat waktu yang dibutuhkan semendalam melakukan pengerasan terhadap agregat.
9. *Curing*  
Perawatan beton dengan tujuan menjaga beton agar tidak cepat kehilangan air dan suhu untuk mencapai mutu beton rencana.
10. Larutan Asam  
Larutan perendaman beton yang dicampur dengan bahan kimia yang merubah ph larutan menjadi dibawah tiga.