

TUGAS AKHIR

**STUDI DURABILITAS PERKERASAN KAKU DI
LINGKUNGAN ASAM PADA pH 2 dan pH 4**



Disusun oleh:

Muhammad Fikri Priadi

20170110062

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

2021

TUGAS AKHIR

**STUDI DURABILITAS PERKERASAN KAKU DI
LINGKUNGAN ASAM PADA pH 2 dan pH 4**

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



Muhammad Fikri Priadi

20170110062

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fikri Priadi
NIM : 20170110062
Judul : Studi Durabilitas Perkerasan Kaku Di Lingkungan Asam Pada pH 2 dan pH 4

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, 17 Juli 2021

Yang membuat pernyataan



Muhammad Fikri Priadi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fikri Priadi

NIM : 20170110062

Judul : *Study Durability Rigid Pavement* di Lingkungan Asam Pada pH 2 dan pH 4

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul “*Study Durability Rigid Pavement* di Lingkungan Asam Pada pH 2 dan pH 4” 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*.

Yogyakarta, 17 Juli 2021

Penulis,



Muhammad Fikri Priadi

Dosen Peneliti,



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

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 Ibuku Kanti Rachmawati, S.E, Bapakku Supriyadi, S.H, dan kakakku Faishal Pria Nugraha 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 Muhammad Fikri Priadi, terima kasih untuk diriku yang selalu kuat walau banyak rintangan dan cobaan yang selalu menghampiri. Akhirnya setelah drama yang panjang kamu bisa melaluinya dengan penuh rasa sabar.
5. Teruntuk Giovani Naurah Abella, terima kasih telah selalu mendukung dan mengingatkan untuk selalu mengerjakan Tugas Akhir ini
6. Teruntuk Tim saya Rezki Amalia, Ballar Ihzatical, dan Farhan Yazid terima kasih atas kerja samanya sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
7. Seluruh rekan rekan, Ucup, Rangga, Bernahda dll., tak terlupakan teman teman band Vosstanova dan HeartGuard yang selalu membersamai ketika suntuk, serta rekan rekan Teknik sipil UMY beserta staf/karyawan yang telah memberikan bantuan selama masa perkuliahan.

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 menganalisis durabilitas pelat beton bertulang pada perkerasan kaku yang diuji pada lingkungan asam pH 2 dan pH 4, dengan parameter 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 PJNNR, 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, adik dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayangnya,
5. Farhan Yazid, Rezki, dan Ballar selaku tim seperjuangan yang telah banyak membantu dan bekerjasama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,
6. Rekan-rekan angkatan 2017, *Civil Engineering B 2017* serta semua pihak yang telah banyak membantu, memberikan dukungan selama proses tugas akhir ini hingga selesai.

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, Juli 2021

Penyusun

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
PRAKATA.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
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.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka.....	4
2.1.1 Penelitian terdahulu.....	4
2.2 Dasar Teori	33
2.2.1 Beton	33
2.2.2 Komposisi Beton.....	33
2.2.3 Bahan tambahan (<i>Admixture</i>).....	35
2.2.4 Air Asam	36
2.2.5 Perencanaan Pencampuran Beton (<i>Ready mix</i>).....	36
2.2.6 Pengujian <i>Slump</i>	36
2.2.7 Perawatan (<i>curing</i>).....	37
2.2.8 Pengujian waktu ikat (<i>Setting time</i>)	38
2.2.9 Pengujian <i>hammer test</i> beton	38

2.2.10	Pengujian resistivitas beton.....	39
2.2.11	Pengujian analisis spektrum gelombang permukaan	39
BAB III	METODE PENELITIAN.....	40
3.1	Metodologi Penelitian.....	40
3.2	Tahapan Penelitian.....	40
3.3	Bagan Alur Pengujian.....	40
3.4	Bahan atau Materi.....	42
3.5	Alat	42
3.5.1	Alat Pembuatan Benda Uji.....	42
3.5.2	Alat Pengujian Durabilitas Beton dan Modulus Elastisitas	43
3.6	Tempat dan Waktu Penelitian.....	44
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
BAB IV	HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....	53
4.1	Hasil Penelitian.....	53
4.1.1	Hasil Pengujian <i>Slump</i>	53
4.1.2	Hasil Pengujian Waktu Ikat	53
4.1.3	Perawatan (<i>Curing</i>).....	54
4.1.4	Pengujian Durabilitas Beton	55
4.1.5	Pengujian Modulus Elastisitas Menggunakan Metode SASW	63
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	76
5.1	Kesimpulan.....	76
5.2	Saran	77
	DAFTAR PUSTAKA	78
	LAMPIRAN.....	81

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Parameter beton (Widodo, 2021)	4
Tabel 2. 2 Hasil pengujian daya serap air dari komposit beton (Estokova and Smolakova (2018b)	9
Tabel 2. 3 Rasio air-semen dan nilai pH larutan perendaman. (Min dan Song, 2018)	10
Tabel 2. 4 Desain uji seragam. (Min dan Song, 2018).....	10
Tabel 2. 5 Desain proporsi campuran beton ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$). (Min dan Song, 2018). 10	
Tabel 2. 6 Rancangan Campuran <i>Sikament-NN</i> (Megasari & Winayati, 2017)....	14
Tabel 2. 7 Hasil Dari Pengujian Kuat Tekan Beton (Megasari & Winayati, 2017)	15
Tabel 2. 8 Hasil pengujian kuat tekan beton (Claudius & Duna, 2017)	18
Tabel 2. 9 Hasil pengujian kuat tekan beton (Umniati et al., 2017)	21
Tabel 2. 10 Hasil Pengujian <i>Hammer Test</i> (Apriani 2016).....	22
Tabel 2. 11 Campuran beton <i>ready mix</i> (Isgor 2015)	24
Tabel 2. 12 Hasil Pengujian Retakan (Putra & Lapanporo, 2014).....	28
Tabel 2. 13 Hasil pengujian laju korosi dalam berbagai variasi jenis perendaman (Sulistiyoweni dkk., 2002)	32
Tabel 2. 14 Persyaratan Gradasi Agregat Halus (ASTM C33, 2013).....	34
Tabel 2. 15 Persyaratan Gradasi Agregat kasar (SNI 7656, 2012)	34
Tabel 2. 16 Nilai Slump untuk Macam Tipe Konstruksi (ACI 211,2002).....	37
Tabel 3. 1 Campuran Beton Ready Mix dari PT. Tiga Roda	44
Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Waktu Ikat (<i>Setting Time</i>)	53
Tabel 4. 2 Tabel Hasil Pengujian Resistivitas Beton pH 2	55
Tabel 4. 3 Tabel Hasil Pengujian Resistivitas Beton pH 4	56
Tabel 4. 4 Tingkat korosi berdasarkan tahanan beton.....	58
Tabel 4. 5 Tabel Hasil Pengujian <i>Hammer Test</i> Beton pH 2	59
Tabel 4. 6 Tabel Hasil Pengujian Hammer Test Beton pH 4.....	60
Tabel 4. 7 Hasil Modulus Elastisitas Pada Beton pH 2.....	72
Tabel 4. 8 Hasil Modulus Elastisitas Pada Beton pH 4.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 (a) Bantalan bola (b) Akselerometer (Rosyidi dkk, 2020).....	6
Gambar 2. 2 Pengaturan pengukuran SASW (Rosyidi dkk, 2020).....	6
Gambar 2. 3 Hubungan hasil pengujian rerata nilai resistivitas terhadap umur beton (Widodo, 2019)	7
Gambar 2. 4 Grafik Resistivitas pada pelat beton (Adanikin et al., 2019)	8
Gambar 2. 5 Palu dan dropweight.....	12
Gambar 2. 6 Geophone dan akselerometer	12
Gambar 2. 7 Perangkat keras akuisisi data.....	12
Gambar 2. 8 Hubungan Umur Beton dengan Kuat Tekan Beton (kg/cm ²) (Setiawan 2017)	14
Gambar 2. 9 Hasil Pengujian Kuat Tekan Beton (Megasari & Winayati, 2017)..	15
Gambar 2. 10 Barchart hasil kuat tekan (Saputra & Hepiyanto, 2017)	16
Gambar 2. 11 Hasil Dari Uji Tekan Beton (Meidiani et al., 2017).....	17
Gambar 2. 12 Hubungan antara kuat tekan dan umur curing beton (Claudius & Duna, 2017).....	18
Gambar 2. 13 Grafik hasil pengujian kuat tekan beton (Umniati et al., 2017)	21
Gambar 2. 14 Perbandingan Kuat Tekan Rencana dengan Pengujian di Lapangan (Apriani 2016).....	22
Gambar 2. 15 Benda uji pelat beton bertulang (Isgor 2015).....	23
Gambar 2. 16 (a) skema desain eksperimental (b) pengaturan eksperimental lempengan beton bertulang (Isgor 2015)	24
Gambar 2. 17 Efek dari penggunaan konfigurasi probe dengan jarak antar tulangan 4 inchi dengan masing-masing ketebalan selimut 3,5 inchi, 2,5 inchi dan 1,5 inchi (a) kering (b) semi jenuh (c) jenuh.....	25
Gambar 2. 18 Resistivitas Listrik dari Campuran CEM I (Real et al., 2015)	26
Gambar 2. 19 Hasil pengujian beton yang di simpan dalam kondisi ruangan normal (Sanchez & Tarranza, 2014)	27
Gambar 2. 20 Hasil pengujian beton yang di rendam dengan air payau (Sanchez & Tarranza, 2014)	27
Gambar 2. 21 Hasil pengujian beton dengan siklus pengeringan dan pembasahan dengan air payau (Sanchez & Tarranza, 2014)	27
Gambar 2. 22 Grafik Batang Pengujian Kuat Tekan Beton (Miswar, 2011).....	30
Gambar 2. 23 Hasil pengujian laju korosi terhadap mutu beton (Siregar, 2006)..	31
Gambar 2. 24 24 Perbandingan Laju Korosi Dalam Rendaman Air Rawa (Sulistyoweni dkk., 2002)	32
Gambar 2. 25 Ilustrasi alat hammer test (ASTM C805-02).....	38
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian	41
Gambar 3. 2 (a) <i>Ready mix</i> (b) bekisting beton (c) kerucut Abrams	43
Gambar 3. 3 <i>Hammer Test</i> (b) <i>Resistivity meter</i> (c) perangkat <i>Spectrum Analyzer</i>	44
Gambar 3. 4 Tulangan baja	45
Gambar 3. 5 Bekisting.....	45

Gambar 3. 6 Tampilan Menu pH Meter.....	47
Gambar 3. 7 Tampilan Menu <i>Output</i> pH Meter.....	47
Gambar 3. 8 Alat sensor <i>O-Rings</i>	47
Gambar 3. 9 Ilustrasi titik pengujian menggunakan alat <i>Resistivity meter</i>	49
Gambar 3. 10 Hubungan antara nilai pantul dengan kekuatan tekan beton.....	50
Gambar 3. 11 Ilustrasi titik pengujian menggunakan alat <i>Hammer Test</i>	50
Gambar 3. 12 Tampilan <i>setting WinSASW 4.1</i>	51
Gambar 3. 13 Bola baja dan <i>Microphones</i>	51
Gambar 3. 14 Pengaturan pengukuran SASW (Rosyidi et al., 2021).....	51
Gambar 3. 15 Ilustrasi titik pengujian menggunakan SASW	52
Gambar 4. 1 Hasil Uji Slump.....	53
Gambar 4. 2 Proses perawatan (<i>curing</i>).....	55
Gambar 4. 3 Grafik Hubungan Hasil Pengujian Resistivitas dan waktu perendaman	57
Gambar 4. 4 Grafik Hubungan Kuat Tekan Hammer Test Beton Normal Dan Beton Asam.....	62
Gambar 4. 5 Pengujian Lapangan SASW	64
Gambar 4. 6 Data Gelombang Spektrum Beton pH 2.....	64
Gambar 4. 7 Data Gelombang Spektrum Beton pH 4.....	65
Gambar 4. 8 Proses penutupan sinyal (<i>masking</i>) Beton pH 2.....	65
Gambar 4. 9 Proses penutupan sinyal (<i>masking</i>) Beton pH 4.....	66
Gambar 4. 10 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 3 hari.....	66
Gambar 4. 11 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 7 hari.....	67
Gambar 4. 12 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 14 hari.....	67
Gambar 4. 13 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 21 hari.....	67
Gambar 4. 14 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 28 hari.....	68
Gambar 4. 15 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 42 hari.....	68
Gambar 4. 16 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 60 hari.....	68
Gambar 4. 17 Kurva Dispersi Beton pH 2 Usia 90 hari.....	69
Gambar 4. 18 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 3 hari.....	69
Gambar 4. 19 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 7 hari.....	70
Gambar 4. 20 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 14 hari.....	70
Gambar 4. 21 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 21 hari.....	70
Gambar 4. 22 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 28 hari.....	70
Gambar 4. 23 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 42 hari.....	71
Gambar 4. 24 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 60 hari.....	71
Gambar 4. 25 Kurva Dispersi Beton pH 4 Usia 90 hari.....	71
Gambar 4. 26 Grafik Perbandingan Modulus Elastisitas antara Beton pH 2 dan Beton pH 4	74

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.1 Persiapan	81
Lampiran 1.2 Proses Pelaksanaan pengecoran	82
Lampiran 1.3 Proses <i>Marking</i> Beton	83
Lampiran 1.4 Proses Pelaksanaan Pengujian	83

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

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

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	: <i>Faktor Air Semen</i>
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 ISTILAH

1. Lingkungan Agresif
Kondisi dimana lingkungan diisi oleh air payau.
2. *Rigid Pavement*
Suatu tipe perkerasan jalan yang menggunakan beton sebagai bahan utama
3. *Flexible Pavement*
Suatu tipe perkerasan jalan yang menggunakan aspal sebagai bahan utama
4. *Compositie Pavement*
Suatu tipe perkerasan jalan yang menggunakan perpaduan campuran antara beton dan semen
5. *Chemical Admixture*
Suatu bahan berupa bubuk atau cairan yang ditambahkan ke campuran beton
6. *Beton Ready Mix*
Beton yang pelaksanaan pengadukan dan pencampurannya dilaksanakan di lokasi suatu perusahaan
7. *Hammer Test*
Suatu pengujian mutu permukaan beton yang sifatnya tidak merusak beton
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
11. Resistivitas (ρ)
Suatu kemampuan spesimen untuk menghambat arus listrik