

TUGAS AKHIR

**IDENTIFIKASI ANOMALI PADA KONSTRUKSI
PERKERASAN KAKU BERBASIS PENGUJIAN SEISMİK
(MUTU BETON FC 40 MPa)**

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



Disusun oleh:

Azilia Nur Azmi

20190110233

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

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Azilia Nur Azmi
NIM : 20190110233
Judul : Identifikasi Anomali Pada Konstruksi Perkerasan Kaku
Berdasarkan Pengujian Seismik (Mutu Beton f_c 40 Mpa)

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, Oktober 2023

Yang membuat pernyataan



Azilia Nur Azmi

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Azilia Nur Azmi

NIM : 20190110233

Judul : Identifikasi Anomali Pada Konstruksi Perkerasan Kaku Berbasis Pengujian Seismik (Mutu Beton Fc 40 MPa)

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan bagian dari penelitian payung dosen pembimbing yang berjudul "*Identifikasi Anomali Pada Konstruksi Perkerasan Kaku Berbasis Pengujian Seismik (Mutu Beton fc 40 MPa)*" dan didanai melalui skema hibah penelitian internal pada tahun 2023 oleh Lembaga Penelitian, Publikasi, dan Pengabdian Masyarakat Universitas Muhammadiyah Yogyakarta Tahun Anggaran 2023 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, 25 Oktober 2023

Penulis,



Azilia Nur Azmi

Dosen Peneliti,



Prof. Ir. Sri Atmaja Putra Jatining Nugraha Nasir
Rosyidi, S.T., M.Sc.Eng., PG-Certif., Ph.D.,
P.Eng., IPU, CPPM, Dip.PM, ASEAN Eng.

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 tersayang keluargaku, khususnya kedua orangtuaku Muhimatul Ifadah dan Makruf, dan adikku Nikeisha Zahira Talita terima kasih selalu memberikan doa, dukungan, kasih dan sayangnya kepadaku.
3. Dosen pembimbing saya Prof. Ir. Sri Atmaja Putra Jatining Nugraha Nasir Rosyidi, S.T., M.Sc.Eng., PG-Certif., Ph.D., P.Eng., IPU, CPPM, Dip.PM, ASEAN Eng., yang bersedia membimbing dengan penuh rasa sabar dan meluangkan waktunya untuk membimbing saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Saya sendiri Azilia Nur Azmi, terima kasih untuk diriku telah menyelesaikan tugas akhir meskipun banyak kesulitan dan rintangan dalam mengerjakan.
5. Teruntuk partner saya Lioni Mutiara Srindi terima kasih atas kerja samanya sehingga Tugas Akhir ini bisa terselesaikan.
6. Teman-teman Ikatan Mahasiswa Muhammadiyah 2019 yang banyak membantu dalam proses pengerjaan.

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 mengidentifikasi anomali pada konstruksi perkerasan kaku berbasis seismik dan defleksi (mutu beton f_c 40 MPa) dengan menggunakan metode SASW.

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 Prof. Ir. Sri Atmaja Putra Jatining Nugraha Nasir Rosyidi, S.T., M.Sc.Eng., PG-Certif., Ph.D., P.Eng., IPU, CPPM, Dip.PM, ASEAN Eng., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang sabar dan tidak pernah lelah memberikan dukungan.
3. Bapak Ir. Dian Setiawan Mansyur, S.T., M.Sc., Ph.D., selaku dosen penguji tugas akhir.
4. Mas Muhammad Fikri Priadi selaku asisten dosen pembimbing,
5. Mas Endra selaku Laboran Laboratorium Teknik Transportasi dan Jalan,
6. Kedua orang tua saya, adik dan keluarga yang selalu memberikan doa, dukungan, dan kasih sayangnya,
7. Lioni Mutiara Srindi selaku tim seperjuangan yang telah banyak membantu dan bekerjasama dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini,

8. Rekan-rekan angkatan 2019, *Civil Engineering F 2019* 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, 25 Oktober 2023



Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
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.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat penelitian	3
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Dasar Teori	24
2.2.1 Perkerasan Kaku (<i>Rigid Pavement</i>)	24
2.2.2 Beton	25
2.2.3 Komposisi Beton.....	26
2.2.4 Nilai <i>Slump</i>	27
2.2.5 Perawatan (<i>Curing</i>)	28
2.2.6 Pengujian Analisis Spektrum Gelombang Permukaan	28

BAB III. METODE PENELITIAN.....	30
3.1 Bahan atau Materi.....	30
3.2 Alat	33
3.2.1 Alat Pembuatan Benda Uji.....	33
3.2.2 Alat pengujian Modulus Elastisitas.....	34
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	37
3.4 Tahapan Penelitian	37
3.5 Analisis Data	38
3.5.1 Pengujian Nilai <i>Slump</i>	38
3.5.2 Perawatan (<i>Curing</i>).....	39
3.5.3 Pengujian Modulus Elastisitas Dengan Metode SASW.....	39
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Pengujian <i>Slump</i>	41
4.2 Perawatan (<i>Curing</i>)	42
4.3 Pengujian Analisis Spektrum Gelombang Dan Modulus Elastisitas Menggunakan Metode SASW	42
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	53
5.1 Kesimpulan.....	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Model numerik dalam SASW (Kim dkk, 2006)	14
Tabel 2.2	Komposisi beton (Amiruddin dkk, 2020)	18
Tabel 2.3	Dimensi dan retakan di labolatorium (Rasol dkk, 2022)	19
Tabel 2.4	Proporsi campuran beton SNI 7656 (2012)	26
Tabel 4.1	Hasil modulus elastisitas pada beton usia 6 hari	49
Tabel 4.2	Hasil modulus elastisitas pada beton usia 7 hari	49
Tabel 4.3	Hasil modulus elastisitas pada beton usia 14 hari	49
Tabel 4.4	Hasil modulus elastisitas pada beton usia 21 hari	50
Tabel 4.5	Hasil Modulus Elastisitas pada beton usia 28 hari	50
Tabel 4.6	Hasil kumulatif modulus elastisitas benda uji	50

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pengujian SASW pada <i>ballast</i> (Tamrakar dkk, 2017).....	6
Gambar 2.2	Spektrum fase 4, 64 dan 200 cm (Widodo & Rosyidi, 2009).....	8
Gambar 2.3	Gerak partikel dan arah rambat Rayleigh dalam medium homogen, elastis, dan isotropik (Ismail dkk, 2009).....	9
Gambar 2.4	Alat SASW (Roesset dkk, 1990).....	11
Gambar 2.5	Spektrum daya otomatis untuk penerima 1 dan 2 dari pengukuran pada benda uji pada jarak penerima 20 cm setelah 17 hari perawatan (Rosyidi dkk, 2021)	13
Gambar 2.6	Hasil metode SASW untuk model <i>conc air</i> (Kim dkk, 2006)	15
Gambar 2.7	Hasil metode SASW untuk model <i>conc rock</i> (Kim dkk, 2006).....	16
Gambar 2.8	Penampang plat yang mengandung rongga (Kim dkk, 2006).....	17
Gambar 2.9	Hubungan beban dan lendutan (Amiruddin dkk, 2020).....	18
Gambar 2.10	Hasil analisis balok pada pengujian (Rasol dkk, 2022)	20
Gambar 2.11	Tipikal struktur perkerasan beton semen	24
Gambar 3.1	Denah tampak atas benda uji.....	30
Gambar 3.2	Tampak samping benda uji	31
Gambar 3.3	Tampak atas benda uji.....	31
Gambar 3.4	Segmen benda uji miring.....	31
Gambar 3.5	Segmen benda uji tulangan	32
Gambar 3.6	Segmen benda uji bata.....	32
Gambar 3.7	Segmen benda uji genteng.....	32
Gambar 3.8	Segmen benda uji kayu	33
Gambar 3.9	<i>Ready mix</i>	33
Gambar 3.10	Galian yang sudah dipasang bekisting	34
Gambar 3.11	Aplikasi <i>WinSASW 4.1</i>	34
Gambar 3.12	<i>Dongle</i>	35
Gambar 3.13	Sumber gelombang berupa palu dan bola baja.....	35
Gambar 3.14	<i>Microphones-Accelerometer</i>	35
Gambar 3.15	<i>National Instrumen</i>	36
Gambar 3.16	Kabel penghubung <i>national instrumen</i> dengan <i>microphones-accelerometer</i>	36
Gambar 3.17	Dudukan sensor <i>microphones-accelerometer</i>	36
Gambar 3.18	Bagan alir penelitian.....	38
Gambar 4.1	Uji <i>slump</i> beton f_c 40 MPa.....	41
Gambar 4.2	<i>Curing</i> pada beton pengujian	42
Gambar 4.3	Garis ukur pada tiap segmen benda uji	43
Gambar 4.4	Pengambilan data di lapangan.....	43
Gambar 4.5	Gelombang spektrum beton yang dicetak miring	44
Gambar 4.6	Gelombang spektrum beton bertulang	44
Gambar 4.7	Gelombang spektrum beton dicampur batu bata.....	44
Gambar 4.8	Gelombang spektrum beton yang memiliki rongga di bagian bawah.....	45
Gambar 4.9	Gelombang spektrum beton yang dicampur kayu.....	45
Gambar 4.10	Respon impuls dan plotting kriteria penyaringan mode rendah berdasarkan informasi spektrogram gabor untuk jarak sensor 15 cm pada beton bertulang.....	46

Gambar 4.11 Kurva dispersi beton yang dicetak miring.....	47
Gambar 4.12 Kurva dispersi beton bertulang	47
Gambar 4.13 Kurva dispersi beton dicampur batu bata.....	47
Gambar 4.14 Kurva dispersi beton yang memiliki rongga dibagian bawah	48
Gambar 4.15 Kurva dispersi beton dicampur kayu.....	48
Gambar 4.16 Perbandingan modulus elastisitas pada benda uji	51

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Rumus modulus elastisitas.....	57
Lampiran 2	Rumus rata-rata tertimbang	57
Lampiran 3	Hasil perhitungan rata-rata tertimbang	57
Lampiran 4	Tabel konversi umur beton	58
Lampiran 5	Analisis inversi dan profil kekakuan beton miring.....	58
Lampiran 6	Analisis inversi dan profil kekakuan beton bertulang	59
Lampiran 7	Analisis inversi dan profil kekakuan beton dicampur batu bata.....	59
Lampiran 8	Analisis inversi dan profil kekakuan beton yang memiliki rongga dibagian bawah	59
Lampiran 9	Analisis inversi dan profil kekakuan beton dicampur kayu	60

DAFTAR SIMBOL DAN LAMBANG

Simbol	Dimensi	Keterangan
FC 40	[MPa]	Kuat tekan beton berumur 28 hari
f_c'	[Kg/cm ²]	Kuat tekan beton karakteristik 28 hari
f_{cf}	[Kg/cm ²]	Kuat tarik lentur beton 28 hari
E	[MPa]	Modulus Elastisitas
W		Berat rata-rata tertimbang

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>
FFT	: <i>Fast Fourier Transform</i>
KHz	: <i>Kilohertz</i>
PCC	: <i>Portland Composite Cement</i>
MASW	: <i>Multichannel Analysis of Surface Wave</i>
CSW	: <i>Countinous Source Analysis of Surface Waves</i>
IRF	: <i>Impulse Response Filtering</i>
SMP	: <i>Starting Model Parameter</i>

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. *Portland cement*
Semen hidraulis merupakan bahan ikat yang banyak dipergunakan dalam pembangunan fisik
4. Anomali
Ketidaknormalan, penyimpangan dari keseragaman fisik
5. Beton *ready mix*
Beton yang pelaksanaan pengadukan dan pencampurannya dilaksanakan di lokasi suatu perusahaan
6. *Slump test* beton
Pengujian yang dilakukan untuk mencapai kekuatan mutu beton
7. *Curing*
Perawatan beton dengan tujuan menjaga beton agar tidak cepat kehilangan air dan suhu untuk mencapai mutu beton rencana
8. *Impulse response*
Spektrum fase diinversikan dalam domain waktu yang disebut sebagai respon impuls
9. *Masking*
Penutupan data dalam proses analisis kecepatan fase