

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS MODULUS ELASTISITAS DAN KETEBALAN LAPISAN  
PADA MODEL FISIK PERKERASAN JALAN LENTUR  
MENGUNAKAN METODE SASW  
(SPECTRAL ANALYSIS OF SURFACE WAVE)**



x 1038

(3x)

Bkp MA TL Perak + hp

KILAT

Jumat 8-00

Disusun Oleh :

**DAYANG EKI YANWARI**

20030110039

**JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA**


**LEMBAR PENGESAHAN  
TUGAS AKHIR**

**ANALISIS MODULUS ELASTISITAS DAN KETEBALAN LAPISAN  
PADA MODEL FISIK PERKERASAN JALAN LENTUR  
MENGUNAKAN METODE SASW  
(SPECTRAL ANALYSIS OF SURFACE WAVE)**

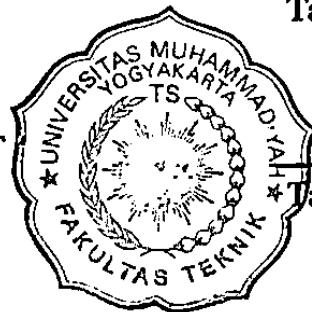
Disusun oleh :  
**DAYANG EKI YANWARI**  
2003 011 0039


Telah diujikan dan disetujui dan disyahkan di depan Tim Penguji  
Jurusan Teknik Sipil  
Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

1. Sri Atmaja PJNNR, ST., M.Sc.C.Eng, PE.  
Dosen Pembimbing I  
(Ketua Tim Penguji)


  
\_\_\_\_\_  
Tanggal :

2. Ir. Gendut Hantoro, MT  
Dosen Pembimbing II  
(Anggota Tim Penguji)



  
\_\_\_\_\_  
Tanggal : 16/02/08

3. Ir. Anita Widianti, MT

  
\_\_\_\_\_  
Tanggal : 16 2 08

*(Aidh Bin Abdullah Al-Qarni)*

*“Gembiralah dengan hidup ini karena hidup ini indah dan  
jadikanlah ia sebagai hamparan untuk setiap kebaikan.”*

*“Jangan putus asa terhadap dirimu, karena perubahan itu  
lambat jalannya dan kamu akan mencapai hambatan-  
hambatan yang dapat memadamkan cita-cita. Berpayaalah  
untuk menunggulangnya dan jangan biarkan ia  
mengalahkamu.”*

*“Barang siapa yang takut mendaki gunung yang tinggi niscaya  
akan hidup selamanya di antara galian yang dalam.”*

***Halaman Motto***

# *Halaman Persembahan*

*Tugas Akhir ini dipersembahkan pada*

*Ayahanda Awang Munawar dan Ibunda Rini Retno Sukesi*

*yang selama ini selalu mendoakan & memberikan dorongan*

*dalam menyelesaikan jalanku sampai berada di satu titik ini*

*Buat adikku Bima terima kasih sudah jadi adik yang baik*

*Buat seluruh keluarga besar Alm. Awang Oesman dan Alm. Hindarto Soesmoyo*

*Nana selalu memberikan semangat dalam menyelesaikan Studi ini*

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu 'alaikum Wr, Wb*

Alahamdulillah, puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah mengizinkan hambanya utuk hidup di muka bumi ini. Menjaganya, memberikan rahmatNYA dan memberikan hidayah untuk dapat menyusun Laporan Tugas Akhir ini, dengan judul "Analisis Modulus Elastisitas dan Ketebalan Lapisan pada Model Fisik Perkerasan Jalan Lentur menggunakan Metode SASW (*Spectral Analysis of Surface Wave*)". Sholawat dan salam kepada junjungan kita Nabi Besar Muhammad SAW, seluruh hidup dan mati kita insyaAllah membawa langkah pada ridho Allah SWT.

Penelitian ini merupakan bagian dari Proyek Penelitian Hibah Bersaing Tahap I tahun 2007 dengan judul Pengembangan Metode Integrated-Spectral-Analysis-of-Surface-Wave (SASW) untuk Evaluasi Nilai Modulus Elastisitas Struktur Perkerasan Jalan di Indonesia" (Nomor SP2H: 139/SP2H/PP/DP2M/III/2007). Penyusun menyampaikan ucapan terima kasih terhadap dukungan dana penelitian ini.

Tidak lupa penyusun juga mengucapkan banyak terima kasih atas segala petunjuk, arahan, bimbingan dan dukungan sehingga laporan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik sebagaimana mestinya kepada :

1. Sri Atmaja P. Rosyidi, ST, M.Sc. Eng, P Eng, sebagai Dosen Pembimbing I dan selaku ketua proyek penelitian hibah bersaing.
2. Ir. Gendut Hantoro, MT sebagai Dosen Pembimbing II.
3. Staf dosen dan karyawan Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
4. Ayahanda Awang Munawar dan Ibunda Rini Retno Sukesi yang telah memberikan dukungan dan semangat baik itu dalam bentuk moral maupun

5. Bapak Sumadi, Bapak Sadat, Mas Wendy Artyanto dan Heri yang banyak sekali membantu dalam penelitian ini.
6. Adikku A.M.G. Bimandaru, terima kasih juga sudah memberikan semangat buat mbaknya.
7. Eyang Djirah Wartini terima kasih atas tumpangan berteduhku dari panas dan dingin di setiap hari-hariku di Jogja.
8. Mama Bobo, terima kasih wejangan-wejangan dan semangat yang selalu diberikan.
9. Ilham Santosa yang selalu memberi semangat dan selalu membantu dengan senang hati dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
10. Adit, Aryo, Deny, Eko, Fuad dan Johan yang membantu selama pelaksanaan di Laboratorium.
11. Terima kasih juga buat Mas Catur dan Mas Eko yang mau direpotin untuk ngajarin aku sedikit banyak tentang Tugas Akhir ini.
12. Anak-anak Nggeh Club Abeng, Ari, Cahyo, Fadlli, Lino, Lusi, Neva, Reza, Risna, U'ut dan Zainal. Terima kasih atas pertemanan yang indah.
13. Para neng Ana, Reny dan Ria. Semoga kita tetep bisa jadi teman sampai nanti dan terima kasih untuk semangat, nasehat dan pengalaman yang kalian bagi-bagi ke aku.
14. Ardi dan Upil. Kerja rodi kita selesai juga akhirnya. Selamat datang di dunia yang baru semoga jalan ini bisa lebih baik dari yang kemarin dan semoga hilnan segera menyusul ya!
15. Orang-orang yang bergantian meminjamkan komputer dan laptopnya buat aku sampai aku bisa menyelesaikan Tugas Akhir ini Ari, Sepupuku tersayang Ivan dan Mita, juga khusus buat Reza. Terima kasih banyak.
16. Anak-anak Teknik Sipil dari angkatan berapapun yang aku kenal dan banyak membantuku selama kuliah di jurusan ini, Kak La Ode, Kak Rifki, Mas

Mbak Tyas, Prapti, Qadir, Qiko, Rino, Thosan, Yenti, dan yang lainnya.  
Terima kasih.

17. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah membantu selama perkuliahan dan dalam penyelesaian Tugas Akhir ini yang tidak disebutkan namanya.

Penyusun menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penyusun harapkan sehingga Tugas Akhir ini menjadi lebih sempurna. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penyusun dan pembaca semua.

*Wassalamu 'alaikum Wr. Wb.*

Yogyakarta, Februari 2008

Penulis

Dayang Eki Yanwari

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
HALAMAN MOTTO .....	iii
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
DAFTAR ISI .....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
INTISARI .....	xviii
<b>BAB I    PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	3
C. Manfaat .....	3
D. Batasan Masalah .....	4
E. Keaslian Penelitian .....	5
<b>BAB II    TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI</b>	
A. Gelombang Permukaan .....	7
B. Perkembangan Teknologi Pengukuran Gelombang Permukaan .....	10



C.	Fungsi Spektrum Gelombang Permukaan .....	14
1.	Spektrum Linier ( <i>Linear Spectrum</i> ) .....	14
2.	Spektrum Tenaga Auto ( <i>Auto Power</i> ) .....	15
3.	Spektrum Tenaga Silang ( <i>Cross Power Spectrum</i> ).....	15
4.	Fungsi Perpindahan ( <i>Transfer Function</i> ) .....	16
5.	Fungsi Koheren ( <i>Coherence Function</i> ) .....	17
D.	Analisis Kecepatan Gelombang Fase ( <i>V<sub>ph</sub></i> ) .....	18
E.	Metode Inversi Sederhana dalam SASW .....	19
F.	Analisis Modulus Elastisitas .....	20

### BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A.	Tahapan-tahapan Pembuatan Model Fisik .....	24
1.	Persiapan Pembuatan Model .....	24
2.	Lokasi Model Fisik .....	24
3.	Tahap Pengujian Bahan Penyusun Model Penelitian.....	25
B.	Tahap Pengukuran Data Seismik di Lapangan .....	27
1.	Peralatan Pengujian Seismik yang Digunakan .....	30
a.	Perangkat Keras .....	30
1)	Pembangkit Gelombang .....	30
2)	Sensor .....	31
3)	Unit Akuisisi dan Penganalisis Spektrum .....	32
b.	Perangkat Lunak .....	32

2)	Penganalisis Kurva Dispersi SASWPro.....	33
2.	Prosedur Pengukuran Gelombang Seismik pada Model .....	34
C.	Tahap Analisis Data Seismik .....	37
1.	Analisis FFT ( <i>Fast Fourier Transform</i> ).....	37
2.	Metode Penyembunyian ( <i>Masking Process</i> ) .....	39
3.	Pembentukan Kurva Penyebaran .....	40
a.	Pembentukan Kurva Penyebaran Individu .....	40
b.	Kurva Eksperimen Gabungan .....	40
4.	Proses Inversi .....	41
5.	Perhitungan Modulus Elastisitas .....	42

#### BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A.	Hasil .....	43
1.	Hasil Pengukuran Laboratorium Model Perkerasan Jalan .....	41
a.	Lapisan Aspal .....	41
1)	Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen dan Ter .....	43
2)	Pemeriksaan Penetrasi Bahan-bahan Bitumen .....	44
3)	Pemeriksaan Marshall dan Modulus Resilien pada Bahan Campuran Lapisan Aspal.....	45
b.	Lapisan Fondasi .....	50
1)	Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	

2)	Pemeriksaan Keausan Agregat Lapisan Fondasi dengan Mesin Los Angeles .....	52
c.	Lapisan Tanah Dasar .....	50
1)	Pemeriksaan Kadar Air .....	53
2)	Pemeriksaan Berat Jenis Tanah .....	54
2.	Data Seismik Hasil Pengujian SASW .....	54
a.	Analisis Spektrum FFT .....	55
b.	Spektrum Fase Gelombang .....	58
c.	Proses Penyembunyian ( <i>masking</i> ) .....	60
d.	Pembentukan Kurva Penyebaran .....	62
1)	Perhitungan Kecepatan Fase .....	62
2)	Kurva Penyebaran Individu .....	63
3)	Kurva Penyebaran Gabungan .....	64
4)	Kurva Penyebaran Rata-rata Global .....	64
e.	Proses Inversi dan Perhitungan Modulus Elastisitas .....	65
B.	Pembahasan .....	73
1.	Lapisan Permukaan .....	76
2.	Lapisan Fondasi .....	79
3.	Lapisan Tanah Dasar .....	81
4.	Analisis Reliabilitas Statistik .....	82

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

B. Saran .....	89
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA .....	90
----------------------	----

LAMPIRAN

A. Tabel Nilai Modulus Elastisitas Model .....	94
--	----

B. Hasil SASW dalam Bentuk Excel .....	95
--	----

C. Kurva Gabungan SASW .....	99
------------------------------	----

D. Tabel Hasil Inversi .....	101
------------------------------	-----

E. Gambar dan Dokumentasi Penelitian .....	105
--	-----

F. Hasil Pengujian Bahan Bekas pada di Laboratorium .....	110
---	-----

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Gelombang Seismik.....	8
Gambar 2.2	Sifat Gelombang <i>Rayleigh</i> yang Merambat pada Media Berlapis.....	9
Gambar 2.3	Penyebaran Gelombang Mekanik (Richarts et al, 1970) .....	10
Gambar 2.4	Operasi Spektrum Gelombang Seismik (a) dan (b) Spektrum Gelombang Auto, (c) Spektrum Gelombang Transfer, (d) Spektrum Gelombang Koheren (Rosyidi et al, 2002) .....	18
Gambar 3.1	Diagram Alir Tahapan Penelitian .....	22
Gambar 3.2	Model Fisik Perkerasan Jalan dalam Penelitian .....	25
Gambar 3.3	Alat <i>Dynamic Cone Penetrometer</i> .....	27
Gambar 3.4	Susunan Alat Pengujian Seismik di Lapangan (Rosyidi, 2005) .....	28
Gambar 3.5	Diagram Alir Pengukuran Seismik di Lapangan .....	29
Gambar 3.6	Sensor .....	31
Gambar 3.7	(a) Harmonie 01dB, (b) Saluran untuk Masukan dari Sensor .....	33
Gambar 3.8	Tampilan Program SASW Analyzer .....	34
Gambar 3.9	Penetapan Letak Sensor di Lapangan (Rosyidi, 2004) .....	36
Gambar 3.10	Diagram Alir Analisis Penafsiran Data Gelombang .....	38
Gambar 4.1	Data Analog Gelombang yang Diterima oleh Sensor 1 (a) dan 2 (b) yang Ditampilkan dalam Penganalisis Spektrum. ....	55
Gambar 4.2	(a) Spektrum Tenaga Auto Sensor 1, (b) Spektrum Tenaga Auto Sensor 2, (c) Spektrum Tenaga Silang, (d) Fungsi Koheren .....	56

<b>Gambar 4.3</b>	<b>Transfer Gelombang dalam Format (a) Original, (b) Enchance, (c) Backbone dan (d) Gabungan .....</b>	<b>59</b>
<b>Gambar 4.4</b>	<b>(a) Penggabungan Gelombang Sebelum Mengalami Proses Masking, (b) dan (c) Proses Masking, (d) Hasil Gabungan Gelombang Setelah Proses Masking .....</b>	<b>61</b>
<b>Gambar 4.5</b>	<b>Kurva Penyebaran Individu .....</b>	<b>63</b>
<b>Gambar 4.6</b>	<b>Kurva Gabungan .....</b>	<b>64</b>
<b>Gambar 4.7</b>	<b>Kurva Penyebaran Rata-rata Global .....</b>	<b>65</b>
<b>Gambar 4.8</b>	<b>Profil Kecepatan Geser terhadap Kedalaman pada (a) 5 ATB, (b) 3 ATB, (c) 3 AC dan (d) 5 AC .....</b>	<b>68</b>
<b>Gambar 4.9</b>	<b>Profil Modulus Elastisitas Jalan untuk (a) 5 ATB, (b) 5 AC, (c) 3 AC dan (d) 3 ATB .....</b>	<b>72</b>
<b>Gambar 4.10</b>	<b>Perbandingan Modulus Elastisitas dari Pengujian UTM dan SASW.....</b>	<b>77</b>
<b>Gambar 4.11</b>	<b>Rata-rata Modulus Elastisitas Metode SASW .....</b>	<b>84</b>
<b>Gambar 4.12</b>	<b>Simpangan Baku Modulus Elastisitas Metode SASW .....</b>	<b>85</b>
<b>Gambar 4.13</b>	<b>Koefisien Variansi Modulus Elastisitas Metode SASW .....</b>	<b>86</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Variasi Model Fisik .....	25
Tabel 3.2	Spesifikasi Metode Pengujian .....	26
Tabel 3.3	Hubungan CBR-DCP .....	27
Tabel 3.4	Pembangkit Gelombang yang Direkomendasikan .....	31
Tabel 4.1	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Bitumen dan Ter .....	44
Tabel 4.2	Spesifikasi untuk Berbagai Nilai Penetrasi Aspal .....	44
Tabel 4.3	Hasil Pemeriksaan Penetrasi Bahan-bahan Bitumen .....	44
Tabel 4.4	Hasil VITM dan VFWA .....	47
Tabel 4.5	Hasil Pemeriksaan Marshall .....	48
Tabel 4.6	Hasil Pemeriksaan Modulus Resilien ( $M_R$ ) pada Lapisan AC .....	49
Tabel 4.7	Kesimpulan Hasil Pemeriksaan Modulus Resilien ( $M_R$ ) .....	50
Tabel 4.8	Hasil Uji Berat Jenis Agregat Kasar untuk Campuran Aspal dan Lapisan Fondasi .....	51
Tabel 4.9	Hasil Uji Berat Jenis Agregat Sedang untuk Campuran Aspal dan Lapisan Fondasi .....	51
Tabel 4.10	Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat Lapisan Fondasi dengan Los Angeles .....	52
Tabel 4.11	Kegunaan Lapisan Fondasi Berdasarkan Nilai Abrasi .....	53
Tabel 4.12	Hasil Pemeriksaan Kadar Air .....	53
Tabel 4.13	Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Tanah .....	54

<b>Tabel 4.14</b>	<b>Jenis Tanah Sesuai Gs .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabel 4.15</b>	<b>Perhitungan Vs, H dan E .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabel 4.16</b>	<b>Nilai Modulus Elastisitas Lapisan Aspal .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabel 4.17</b>	<b>Ketebalan Lapisan Permukaan .....</b>	<b>79</b>
<b>Tabel 4.18</b>	<b>Nilai Modulus Elastisitas Lapisan Fondasi .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabel 4.19</b>	<b>Perbandingan Nilai Rata-rata Modulus Elastisitas (Mpa) dengan Hasil Uji Penelitian Sebelumnya .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabel 4.20</b>	<b>Ketebalan Lapisan Fondasi .....</b>	<b>81</b>
<b>Tabel 4.21</b>	<b>Nilai Modulus Elastisitas Lapisan Tanah Dasar .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabel 4.22</b>	<b>Ketebalan Lapisan Tanah Dasar .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabel 4.23</b>	<b>Statistik Deskriptif Modulus Elastisitas Lapisan Aspal .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabel 4.24</b>	<b>Statistik Deskriptif Modulus Elastisitas Lapisan Fondasi .....</b>	<b>83</b>
<b>Tabel 4.25</b>	<b>Statistik Deskriptif Modulus Elastisitas Lapisan Tanah Dasar .....</b>	<b>83</b>



## DAFTAR SIMBOL

A	=	amplitudo
E	=	modulus Elastik
f	=	frekuensi gelombang
G	=	modulus geser
G <sub>xx</sub>	=	Spektrum Tenaga Auto
G <sub>xy</sub>	=	spektrum tenaga silang
H	=	kedalaman lapisan
t	=	waktu gelombang
$\gamma^2(f)$	=	nilai koheren
V <sub>PH</sub>	=	kecepatan gelombang R ( <i>Rayleigh</i> )
V <sub>s</sub>	=	kecepatan gelombang geser
$\mu$	=	angka poisson material
$\gamma$	=	berat jenis bahan
$\lambda$	=	panjang gelombang
$\phi$	=	beda fase