

**Analisis *Fatigue* pada *Wearing Course* menggunakan Metode
*Classical Fatigue***

Fatigue Analysis on Wearing Course using Classical Fatigue Method

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Sebelas Maret Surakarta



Disusun oleh :

ADITYA MARTIEN NUGROHO

NIM I 0112004

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SEBELAS MARET

SURAKARTA

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**ANALISIS *FATIGUE* PADA *WEARING COURSE*
MENGUNAKAN METODE *CLASSICAL FATIGUE***

Fatigue Analysis on Wearing Course Using Classical Fatigue Method



Disusun Oleh :

ADITYA MARTIEN NUGROHO

NIM I0112004

Telah disetujui untuk dipertahankan di hadapan Tim Penguji Pendadaran
Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret

Persetujuan Dosen Pembimbing

Dosen Pembimbing I

Ir. Ary Setyawan, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19661204 199512 1 001

Dosen Pembimbing II

Dr. F. Pungky Pramesti, S.T., M.T.
NIP. 19730429 200003 2 001

HALAMAN PENGESAHAN**Analisis *Fatigue* pada *Wearing Course* menggunakan Metode
*Classical Fatigue****Fatigue Analysis on Wearing Course using Classical Fatigue Method*

Disusun oleh:

ADITYA MARTIEN NUGROHO**NIM I 0112004**

Telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Skripsi Program Studi Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Pada hari : Senin

Tanggal : 5 Desember 2016

Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D**NIP. 19661204 199512 1 001****Dr. F. Pungky Pramesti, S.T., M.T.****NIP. 19730429 200003 2 001****Ir. Djumari, M.T.****NIP. 19571020 198702 1 001****S. J. Legowo, S.T., M.T.****NIP. 19670413 199702 1 001**

Disahkan,
Ketua Program Studi
Teknik Sipil
Fakultas Teknik UNS

11 JAN 2017

**Wibowo, S.T., DEA.****NIP. 19681007 199502 1 001**

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

“The world only make sense when you force it to”

*Karya ini kupersembahkan untuk:
Keluargaku yang selalu men support aku selama ini,
Teman-teman “Batang Hitam” yang menjadi keluarga kedua sampai saat ini,
Teman-teman skripsi Tim Fatigue yang tanpa lelah,
Anak-anak kos “Ngadiso’s Brotherhood,
Serta untuk Batman yang menginspirasi untuk bekerja keras.*



ABSTRAK

Aditya Martien Nugroho. 2016. Analisis Fatigue pada Wearing Course menggunakan Metode Classical Fatigue. Skripsi. Program Studi Teknik Sipil. Fakultas Teknik. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.

Permasalahan yang sering terjadi pada lapis atas permukaan perkerasan (*wearing course*) adalah retak yang disebabkan oleh repetisi beban yang berulang-ulang atau biasa disebut dengan *fatigue*. Analisis tentang *fatigue* masih jarang dilakukan di Indonesia. Salah satu metode yang digunakan untuk analisis *fatigue* adalah metode *Classical Fatigue*. Dengan menggunakan metode ini akan didapatkan sebuah model persamaan untuk memprediksi umur layan suatu perkerasan *wearing course*.

Selain itu dengan adanya permasalahan seperti ini, perlu ada inovasi baik dalam hal material dan perencanaan perkerasan *wearing course* yaitu dengan memodifikasi campuran aspal seperti penambahan polimer EVA atau menggunakan aspal modifikasi produksi pabrik seperti aspal SBS E-60. Penelitian bertujuan untuk membuat suatu model persamaan *fatigue* perkerasan *wearing course*. Uji *marshall* dilakukan terhadap 3 jenis campuran aspal yaitu campuran aspal penetrasi 60/70 (tanpa modifikasi), campuran aspal SBS E-60, dan campuran aspal penetrasi 60/70 + EVA. Campuran aspal terbaik (hasil uji *Marshall*) kemudian diuji menggunakan *Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT)* untuk mendapatkan karakteristik *fatigue* nya.

Untuk uji *fatigue* digunakan alat *Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT)*. Benda uji yang digunakan untuk pengujian ITFT berjumlah 3 buah dengan 3 variasi pembebanan yaitu 500 KPa, 600 KPa, dan 700 KPa. Suhu dan frekuensi pengujian masing masing 20°C dan 10 Hz. Hasil penelitian didapat campuran aspal terbaik hasil uji *Marshall* adalah campuran aspal penetrasi 60/70 + EVA. Sedangkan hasil pengujian ITFT terhadap campuran terbaik ini mendapatkan nilai N (jumlah repetisi beban maksimal) pada pembebanan 500 KPa adalah 10401 *cycle*, pada pembebanan 600 KPa adalah 6841 *cycle*, dan pada pembebanan 700 KPa adalah 1371 *cycle*. Besar nilai *initial strain*, *initial stiffness*, dan N_{f-50} berturut-turut pada pembebanan 500 KPa adalah sebesar 119 $\mu\epsilon$, 20503.5 MPa, dan 8701 *cycle*. Pada pembebanan 600 KPa adalah sebesar 180 $\mu\epsilon$, 22115 MPa, dan 5492 *cycle*. Pada pembebanan 700 KPa adalah sebesar 294 $\mu\epsilon$, 18337 MPa, dan 1271 *cycle*. Hasil pengamatan inilah yang digunakan untuk membuat model persamaan N

Kata Kunci: *fatigue*, *Classical Fatigue*, *Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT)*, N, *Initial strain*, *Initial stiffness*, N_{f-50}

ABSTRACT

Aditya Martien Nugroho. 2016. Fatigue Analysis on Wearing Course using Classical Fatigue Method. Mini thesis. Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Sebelas Maret University, Surakarta.

Problems often occur on the surface of the pavement layer (wearing course) is cracking caused by repetitive load or commonly referred to fatigue. Analysis of fatigue is still rare in Indonesia. One method used for fatigue analysis is Classical Fatigue. By using this method we will get an equation models to predict the service life of a pavement life of wearing course.

In addition to the issues of this kind, there needs an innovation both in terms of material and planning of pavement wearing course that is by modifying the asphalt mixture such as the addition of EVA polymer modified asphalt or use of plant production asphalt like SBS E-60. The research is intended to create a model of the equations used to predict the service life of a pavement life of wearing course. The research uses three types of asphalt like 60/70 penetration asphalt (without modification), SBS E-60 asphalt and EVA modified asphalt. The Best mix asphalt (Marshall test results) will be tested to get it's fatigue characteristic.

Fatigue test using Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT) tools. The specimen which used to fatigue test amounted to 3 pieces with 3 variations of load at 500 kPa, 600 kPa and 700 kPa. Temperature and frequency of testing each of 20°C and 10 Hz. The result is EVA modification asphalt is the best asphalt based on Marshall test. While the test results obtained ITFT value N_f (number of repetitions maximum load) at 500 kPa load was 10401 cycles, the loading of 600 kPa was 6841 cycle, and at the loading of 700 kPa was 1371 cycle. Initial strain value, initial stiffness, and N_{f-50} in a row at 500 kPa loading amounted to 119 $\mu \epsilon$, 20503.5 MPa, and 8701 cycle. On loading 600 kPa amounted $\mu \epsilon$ 180, 22 115 MPa, and 5492 cycle. At 700 kPa loading amounted to 294 $\mu \epsilon$, 18337 MPa, and 1271 cycles. This observation will be used to create a model equation of N .

Keywords: fatigue, Classical Fatigue, Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT), N Initial strain, Initial stiffness, N_{f-50}

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi/tugas akhir dengan judul “*Analisis Fatigue pada Wearing Course menggunakan Metode Classical Fatigue*”. Penulisan laporan penelitian ini merupakan salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta pada tahun 2016.

Penulisan laporan penelitian ini dapat berjalan lancar tidak lepas dari bimbingan, dukungan dan motivasi dari berbagai pihak. Dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Segenap Pimpinan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
2. Ir. Ary Setyawan, M.Sc, Ph.D. selaku dosen pembimbing skripsi I.
3. Dr. F. Pungky Pramesti. selaku dosen pembimbing skripsi II.
4. Prof. Ir. I Nyoman Arya Thanaya, ME, Ph.D. selaku dosen Laboratorium Jalan Raya Universitas Udayana Bali.
5. Seluruh dosen dan staf di lingkungan Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta
6. Rekan-rekan mahasiswa S-1 Teknik Sipil Reguler dan Non-reg.
7. Semua pihak yang telah membantu proses penelitian ini yang tidak bisa penyusun sebutkan satu persatu

Penyusun mengharap kritik dan saran untuk kemajuan penelitian berikutnya. Akhirnya penyusun berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi ilmu pengetahuan khususnya bidang teknik sipil.

Surakarta, Desember 2016

Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
PERSEMBAHAN	iv
ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR NOTASI.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Umum	4
2.2. Tinjauan Pustaka.....	4
2.2.1 <i>Modified Bitumen</i>	5
2.2.2 <i>Fatigue Test</i>	6
2.3 Dasar Teori.....	7
2.3.1 Aspal	7

2.3.2	<i>Marshall Test</i>	8
2.3.3	<i>Optimum Bitumen Content (OBC)</i>	9
2.3.4	<i>Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT)</i>	9
2.3.5	Regresi	14
2.3.6	Pendekatan <i>Wöhler</i>	14
2.3.7	<i>Classical Fatigue</i>	15

BAB 3

METODE PENELITIAN

3.1	Umum	16
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian.....	16
3.3	Data.....	16
3.4	Bahan.....	16
3.5	Alat.....	17
3.6	Benda Uji	19
3.6.1	Benda Uji Marshall.....	19
3.6.2	Benda Uji untuk ITFT	20
3.7	Prosedur Pengujian Benda Uji.....	21
3.8	Tahapan Penelitian.....	27
3.9	Kerangka Pikir Analisa.....	29

BAB 4

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1	Data Sekunder.....	30
4.2	Hasil Pengujian	31
4.2.1	Hasil Uji Aspal <i>Properties</i>	31
4.2.2	Hasil Pengujian Agregat	31
4.2.3	Hasil Uji <i>Marshall</i>	32
4.2.4	Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT)</i>	33
4.3	Analisis Hasil Pengujian.....	33
4.3.1	<i>Marshall Test</i>	33
4.3.2	<i>Indirect Tensile Fatigue Test (ITFT)</i>	37
4.4	Pembahasan	39

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	41
5.2	Saran	41
DAFTAR PUSTAKA		42
LAMPIRAN		



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Skema <i>Direct Axial Fatigue Test</i> (Raithby, 1972)	6
Gambar 2.2	Skema <i>Diametral Loading Test</i> (Li, 2013).....	7
Gambar 2.3	Grafik Ilustrasi Pengujian dengan <i>Controlled Stress Mode</i> (a) dan <i>Controlled Strain Mode</i> (b).....	10
Gambar 2.4	Representasi Ideal untuk <i>Failure Point</i>	10
Gambar 2.5	Stress Akibat Pergerakan Roda pada Perkerasan (Li, 2013)	11
Gambar 2.6	Pembebanan dan Kerusakan pada Benda Uji pada Indirect Tensile (Wardhani, 2007)	12
Gambar 2.7	Ilustrasi Alat <i>Indirect Tensile</i>	12
Gambar 3.1	(a) Aspal penetrasi 60/70, (b) Aspal SBS E-60, (c) Polimer EVA 17	
Gambar 3.2	Alat Uji <i>Marshall</i>	18
Gambar 3.3	Alat <i>Indirect Tensile Test</i>	19
Gambar 3.4	Benda Uji.....	21
Gambar 3.5	Pengujian <i>Marshall</i>	22
Gambar 3.6	Kondisi Benda Uji Setelah Diuji	27
Gambar 3.7	Flowchart Kerangka Pikir Analisis	29
Gambar 4.1	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal Pen.60/70 dan Stabilitas ...	33
Gambar 4.2	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal Pen.60/70 dan Porositas....	34
Gambar 4.3	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal Pen.60/70 dan <i>Flow</i>	34
Gambar 4.4	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal SBS E-60 dan Stabilitas....	34
Gambar 4.5	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal SBS E-60 dan Porositas....	35
Gambar 4.6	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal SBS E-60 dan <i>Flow</i>	35
Gambar 4.7	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal mod. EVA dan Stabilitas ..	35
Gambar 4.8	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal mod. EVA dan Porositas ..	36
Gambar 4.9	Grafik Hubungan antara Kadar Aspal mod. EVA dan <i>Flow</i>	36
Gambar 4.10	Grafik Hubungan <i>Initial Strain</i> dan N_{f-50}	37
Gambar 4.11	Grafik Hubungan Log <i>Initial Strain</i> dan Log N_{f-50}	38

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Program Pengujian <i>Marshall</i>	23
Tabel 3.2	Data Pergerakan dan Karakteristik Pesawat di Bandara Adi Soemarmo Surakarta (Wardhani, 2007).....	24
Tabel 3.3	Data Tebal Perkerasan Bandara Adi Soemarmo Surakarta	25
Tabel 3.4	Program Pengujian ITFT	27
Tabel 4.1	Kriteria Gradasi Material	30
Tabel 4.2	Komposisi Penggunaan Agregat	30
Tabel 4.3	Hasil Uji Aspal <i>Properties</i>	31
Tabel 4.4	Hasil Pengujian Agregat	32
Tabel 4.5	Hasil Uji <i>Marshall</i>	32
Tabel 4.6	Hasil ITFT	33
Tabel 4.7	Rekapitulasi hasil pengamatan <i>initial strain</i> , <i>initial stiffness</i> , dan N_{f-50}	37
Tabel 4.8	Hasil Log <i>Initial Strain</i> dan N_{f-50}	38

DAFTAR NOTASI

$N_{f,50}$	= nilai <i>cycle</i> saat nilai <i>initial stiffness</i> berkurang 50%
K_1, K_2	= koefisien material
S_m	= <i>stiffness modulus</i>
L	= nilai puncak pembebanan vertikal
D	= rata-rata amplitudo dari deformasi horisontal yang diperoleh dari 2 atau lebih aplikasi beban
t	= rata-rata tebal benda uji
ν	= <i>poisson ratio</i>
$\sigma_{x,max}$	= tegangan tarik maksimum
P	= beban
d	= diameter benda uji
$\epsilon_{x,max}$	= tegangan tarik horisontal maksimum pada pusat spesimen
N	= jumlah repetisi beban maksimum
ϵ_i	= tegangan tarik inisial

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A : Data Hasil Pengujian ITFT

LAMPIRAN B : Kelengkapan Administrasi

