

## **TUGAS AKHIR**

# **PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS STRUKTUR BETON ASPAL DENGAN LIMBAH BAN BEKAS SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR**

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



**Disusun oleh:**

**Anugrah Putra Ramadhan**

**20200110147**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA  
2024**

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anugrah Putra Ramadhan  
NIM : 20200110147  
Judul : Pengujian Modulus Elastisitas Struktur Beton Aspal  
Dengan Limbah Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat  
Kasar

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..... 2024

Yang membuat pernyataan



Anugrah Putra Ramadhan

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua saya, Bapak Sutrisno dan Ibu Sumiyati yang sudah dengan sabar dan penuh kasih sayang mendidik anak bungsunya yang sangat nakal ini hingga dapat mencapai titik sekarang. Terkhusus untuk Bapak, terimakasih sebesar-besarnya saya haturkan dan juga sekaligus permintaan maaf dari saya jika semasa masih dapat dipertemukan di dunia ini saya sangat banyak kesalahan dan sering menyakiti hati Bapak. Mungkin Bapak tidak dapat menyaksikan secara langsung kebahagiaan ini tetapi kebahagiaan ini tidak mungkin tercipta tanpa perjuangan Bapak sehingga Bapaklah yang berhak menyandang gelar Sarjana Teknik. Untuk Ibu tercinta, Ibu Sumiyati, saya juga mengucapkan terimakasih banyak sudah menjadi ibu yang sangat sempurna bagi hidup saya. Mungkin perlakuan saya kepada ibu tidak mencerminkan kebanggaan saya kepada Ibu, tetapi di dalam lubuk hati ini saya sangat bangga dan sayang kepada Ibu. Mohon maaf jika saya selalu menyakiti hati Ibu. Untuk Mas Anas, terimakasih sudah melanjutkan perjuangan Bapak, dan maaf selalu merepotkan jika harus menanggung beban hidup saya terutama biaya kuliah yang tidak murah. Semoga setelah lulus saya bisa menjadi pribadi yang lebih mandiri dan tidak menyusahkan keluarga lagi, aamiin.

## PRAKATA



*Assalamua'alaikum warahmutallahi wabarakatuh.*

Alhamdulillah puji syukur kehadiran Allah SWT yang senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul **“Pengujian Modulus Elastisitas Struktur Beton Aspal Dengan Limbah Ban Bekas Sebagai Pengganti Agregat Kasar”**.

Laporan tugas akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu persyaratan untuk menyelesaikan jenjang pendidikan Strata 1 pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Penulis menyadari bahwa dalam penyelesaian laporan tugas akhir ini tidak lepas dari dukungan, arahan, bimbingan, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Dian Setiawan M., S.T., M.Sc., Ph.D., A.M.ASCE. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah banyak membantu dan meluangkan waktunya untuk memberikan bimbingan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Ir. Anita Rahmawati, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir yang sudah berkenan memberikan masukan yang bermanfaat bagi penulis.
4. Semua pihak yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini.

Dengan tersusunnya Laporan Tugas Akhir ini, penulis menyadari masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran dan kritikan pihak terkait yang bersifat membangun untuk kesempurnaan laporan ini. Akhir kata semoga laporan ini bermanfaat bagi penulis dan pembaca laporan ini.

*Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Yogyakarta, 19 Juli 2024

Penyusun

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN .....	v
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
DAFTAR SINGKATAN .....	xiv
DAFTAR ISTILAH .....	xv
ABSTRAK .....	xvi
<i>ABSTRACT</i> .....	xvii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Lingkup Penelitian .....	4
1.4 Tujuan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI .....	6
2.1 Tinjauan Pustaka .....	6
2.1.1 Penelitian terdahulu .....	6
2.1.2 Perbedaan dengan penelitian sebelumnya .....	10
2.2 Dasar Teori .....	13
2.2.1 Perkerasan lentur ( <i>flexible pavement</i> ) .....	13
2.2.2 Laston (Lapis aspal beton) .....	14
2.2.3 Aspal .....	15
2.2.4 Agregat .....	17
2.2.5 Limbah ban luar sepeda motor .....	18
2.2.6 Pengujian material .....	18
2.2.7 Analisis campuran dengan metode <i>Marshall</i> .....	24
2.2.8 Modulus Elastisitas aspal beton .....	27
2.2.9 Program <i>KENPAVE</i> .....	29

BAB III. METODE PENELITIAN.....	38
3.1 Bahan atau Material.....	38
3.2 Alat .....	40
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian.....	50
3.4 Tahapan Penelitian.....	50
3.4.1 Persiapan .....	53
3.4.2 Pengujian aspal.....	54
3.4.3 Pengujian agregat .....	55
3.4.4 Penyiapan limbah ban luar sepeda motor .....	56
3.4.5 <i>Mix design</i> benda uji .....	56
3.4.6 Pembuatan benda uji dengan cara campuran panas ( <i>Hotmix</i> ).....	57
3.4.7 Uji <i>Marshall</i> .....	58
3.4.8 Perhitungan Modulus Elastisitas .....	58
3.4.9 Analisis menggunakan program <i>KENPAVE</i> .....	59
3.5 Analisis Data.....	59
BAB IV. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	60
4.1 Hasil Pengujian Material .....	60
4.1.1 Pengujian Aspal .....	60
4.1.2 Pengujian Agregat.....	61
4.1.3 Pengujian ban luar sepeda motor .....	62
4.2 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> (Penentuan Kadar Aspal Optimum) .....	63
4.3 Hasil Uji <i>Marshall</i> Benda Uji dengan Limbah Ban Luar Sepeda Motor.....	66
4.3.1 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>Density</i> .....	67
4.3.2 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>VMA (Voids in the Mineral Aggregate)</i> .....	68
4.3.3 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>VFA (Voids Filled with Asphalt)</i> .....	69
4.3.4 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>VIM (Voids in the Mix)</i> .....	71
4.3.5 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>Stabilitas</i> .....	72
4.3.6 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>Flow</i> (kelelehan) .....	73
4.3.7 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor terhadap nilai <i>MQ (Marshall Quotient)</i> .....	74
4.4 Perhitungan Modulus Elastisitas.....	75

4.5 Analisis Menggunakan Program <i>KENPAVE</i> .....	77
BAB V. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....	81
5.1 Kesimpulan .....	81
5.2 Saran .....	83
DAFTAR PUSTAKA .....	xviii
LAMPIRAN .....	84

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbedaan dengan penelitian sebelumnya.....	11
Tabel 2.2 Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018) .....	15
Tabel 2.3 Ketentuan aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).....	16
Tabel 2.4 Ketentuan agregat kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).....	17
Tabel 2.5 Ketentuan agregat halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).....	17
Tabel 2.6 Ketentuan sifat campuran Laston (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018) .....	27
Tabel 2.7 Hubungan Stabilitas dengan modulus (Tanton dan Tajudin, 2020).....	28
Tabel 2.8 Nilai <i>poisson's ratio</i> (Huang, 2004) .....	35
Tabel 3.1 Kebutuhan agregat tiap saringa.....	57
Tabel 3.2 Kebutuhan aspal.....	57
Tabel 3.3 Kebutuhan ban luar sepeda motor.....	57
Tabel 4.1 Hasil pengujian aspal .....	60
Tabel 4.2 Hasil pengujian agregat kasar .....	61
Tabel 4.3 Hasil pengujian agregat halus .....	62
Tabel 4.4 Hasil pengujian ban luar sepeda motor .....	62
Tabel 4.5 Hasil pengujian <i>Marshall</i> .....	64
Tabel 4.6 Penentuan KAO .....	65
Tabel 4.7 Hasil pengujian <i>Marshall</i> benda uji.....	66
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas .....	76
Tabel 4.9 Data yang diisi pada menu <i>General</i> .....	77
Tabel 4.10 Data yang diisi pada menu <i>Layer</i> .....	78
Tabel 4.11 Data yang diisi pada menu <i>Moduli</i> .....	78
Tabel 4.12 Data yang diisi pada menu <i>Load</i> .....	78
Tabel 4.13 Respon koordinat X dan Y setelah <i>input load</i> .....	78
Tabel 4.14 Data yang diisi pada menu <i>damage</i> .....	78
Tabel 4.15 Hasil analisis program <i>KENPAVE</i> .....	79



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik korelasi Stabilitas dengan modulus (Tanton dan Tajudin, 2020) .....	28
Gambar 2.2 Grafik regresi hubungan antara Stabilitas Marshall dengan modulus (Tanton dan Tajudin, 2020).....	29
Gambar 2.3 Tampilan awal program <i>KENPAVE</i> .....	30
Gambar 2.4 Tampilan menu <i>layerinp</i> .....	31
Gambar 2.5 Tampilan menu <i>general</i> .....	33
Gambar 2.6 Tampilan menu <i>zcoord</i> .....	34
Gambar 2.7 Tampilan menu <i>layer</i> .....	34
Gambar 2.8 Tampilan layer <i>interface</i> .....	35
Gambar 2.9 Tampilan menu <i>moduli</i> .....	36
Gambar 2.10 Tampilan menu <i>load</i> .....	36
Gambar 3.1 Agregat kasar.....	38
Gambar 3.2 Agregat halus.....	39
Gambar 3.3 <i>Filler</i> .....	39
Gambar 3.4 Aspal penetrasi 60/70 .....	40
Gambar 3.5 Potongan limbah ban luar sepeda motor .....	40
Gambar 3.6 Penetrometer.....	41
Gambar 3.7 Perlengkapan pengujian penetrasi (jarum penetrasi dan <i>transfer dish</i> ) .....	41
Gambar 3.8 Termometer ( <i>thermogun</i> ) .....	42
Gambar 3.9 Perlengkapan pengujian titik lembek .....	42
Gambar 3.10 Timbangan.....	43
Gambar 3.11 Oven .....	43
Gambar 3.12 Mesin uji daktalitas .....	44
Gambar 3.13 Cetakan daktilitas .....	44
Gambar 3.14 Saringan.....	45
Gambar 3.15 Mesin pengguncang ( <i>sieve shaker</i> ) .....	45
Gambar 3.16 Mesin abrasi <i>Los Angeles</i> dan bola baja.....	46

Gambar 3.17 Kompor dan wajan .....	46
Gambar 3.18 Mesin penumbuk .....	47
Gambar 3.19 Cetakan benda uji .....	47
Gambar 3.20 Kaliper .....	48
Gambar 3.21 <i>Extruder</i> .....	48
Gambar 3.22 Bak perendam ( <i>waterbath</i> ).....	49
Gambar 3.23 Alat <i>Marshall</i> .....	49
Gambar 3.24 Bagan alir tahapan penelitian .....	50
Gambar 3.25 Lanjutan bagan alir tahap penelitian .....	51
Gambar 3.26 Lanjutan bagan alir tahapan penelitian.....	52
Gambar 3.27 Bagan alir analisis program <i>KENPAVE</i> .....	53
Gambar 4.1 Hasil akhir pembuatan benda uji .....	66
Gambar 4.2 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan <i>Density</i> .....	67
Gambar 4.3 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan VMA .....	69
Gambar 4.4 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan VFA	70
Gambar 4.5 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan VIM	71
Gambar 4.6 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan Stabilitas .....	72
Gambar 4.7 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan <i>Flow</i>	73
Gambar 4.8 Hubungan penggunaan limbah ban luar sepeda motor dengan <i>MQ</i> ..	75
Gambar 4.9 Tampang melintang jalan beserta beban yang bekerja.....	79

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Penetrasi Aspal .....	84
Lampiran 2 Titik Lembek Aspal .....	85
Lampiran 3 Berat Jenis Aspal .....	86
Lampiran 4 Kehilangan Berat Minyak.....	87
Lampiran 5 Daktilitas .....	88
Lampiran 6 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar.....	89
Lampiran 7 Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus.....	90
Lampiran 8 Berat Jenis dan Penyerapan Air Ban Luar Sepeda Motor .....	91
Lampiran 9 Keausan Agregat .....	92
Lampiran 10 Keausan Ban Luar Sepeda Motor .....	93
Lampiran 11 Kelekatan Agregat .....	94
Lampiran 12 Kelekatan Ban Luar Sepeda Motor .....	95
Lampiran 14 Pengujian <i>Marshall</i> KAO.....	96
Lampiran 15 Pengujian <i>Marshall</i> Benda Uji .....	97
Lampiran 16 Hasil analisis <i>KENPAVE</i> .....	98