

TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS STRUKTUR BETON
ASPAL DENGAN LIMBAH PECAHAN KACA SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS**



Disusun oleh:

Muhammad Fauzan Jati Pamungkas

20200110218

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

2024

TUGAS AKHIR

**PENGUJIAN MODULUS ELASTISITAS STRUKTUR BETON
ASPAL DENGAN LIMBAH PECAHAN KACA SEBAGAI
PENGANTI AGREGAT HALUS**

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



Disusun Oleh:

Muhammad Fauzan Jati Pamungkas

20200110218

PROGAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH YOGYAKARTA

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Fauzan Jati Pamungkas

NIM : 20200110218

Judul : Pengujian Modulus Elastisitas Struktur Beton Aspal dengan
Limbah Pecahan Kaca sebagai Pengganti Agregat Halus

Dengan sungguh-sungguh saya menyatakan bahwa Tugas Akhir ini adalah hasil karya sendiri. Jika ada karya orang lain yang saya kutip, maka saya akan mencantumkan sumbernya dengan jelas. Jika suatu saat terungkap ketidakbenaran dalam pernyataan ini, saya bersedia menerima konsekuensi sesuai dengan aturan yang berlaku. Pernyataan ini saya buat tanpa adanya tekanan dari pihak manapun.

Yogyakarta, 15 Juli 2024

Yang membuat pernyataan



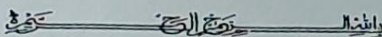
Muhammad Fauzan Jati Pamungkas

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillah Rabbil'Alamin, puji syukur atas kehadiran Allah Swt. atas rahmat dan karunia-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu. Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Nabi Muhammad saw. Puji syukur berkat doa dari keluarga dan kerabat Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Untuk itu Tugas Akhir ini saya persembahkan untuk :

1. Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan dukungan dalam bentuk materi maupun moril selama ini.
2. Bapak Ir. Dian M. Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D., A.M.ASCE. yang telah membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir.
3. Teman-teman Satgas Percepatan TA 2024 yang selalu mendukung dan membantu penelitian di laboratorium serta penyusunan Tugas Akhir.
4. Teman-teman yang telah mendukung secara moril.
5. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir.

PRAKATA



Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji hanya milik Allah Swt. yang selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya, sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan tepat waktu. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada Rasulullah saw beserta keluarga dan para sahabatnya.

Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

Penyusun menghadapi banyak rintangan dalam proses penyusunan Tugas Akhir ini, namun dengan bimbingan dan dorongan dari berbagai pihak akhirnya dapat terselesaikan dengan baik. Melalui kesempatan ini, penyusun mengucapkan rasa terima kasih atas kerja sama, bimbingan, dan dukungan selama ini kepada:

1. Ir. Puji Harsanto, S.T., M.T., Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Ir. Dian M. Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D., A.M.ASCE. selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir atas arahan dan bimbingan yang berharga selama proses penelitian dan penyusunan Tugas Akhir.
3. Ir. Anita Rahmawati, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji Tugas Akhir.
4. Bapak dan Ibu saya yang telah memberikan dukungan dalam bentuk materi maupun moril selama ini.
5. Teman-teman Satgas Percepatan TA 2024 yang selalu mendukung dan membantu penelitian di laboratorium serta penyusunan Tugas Akhir.
6. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir.

Akhirnya, setelah berikhtiar dengan maksimal dan diiringi doa untuk menyelesaikan Tugas akhir ini, hanya kepada Allah Swt. semua dikembalikan.

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, 15 Juli 2024

Peneliti

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
PRAKATA	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR SINGKATAN	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
<i>ABSTRACT</i>	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	11
2.2.1 Perkerasan lentur	11
2.2.2 Beton aspal	12
2.2.3 Aspal	15
2.2.4 Agregat	16
2.2.5 Material kaca	18
2.2.6 Pengujian <i>Marshall</i>	19
2.2.7 Modulus Elastisitas	23
2.2.8 Program <i>KENPAVE</i>	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Bahan	27
3.2 Alat	29
3.3 Tempat dan Waktu Penelitian	38
3.4 Tahapan Penelitian	38

3.4.1	Bagan alir	38
3.4.2	Persiapan	41
3.4.3	Pengolahan limbah kaca	41
3.4.4	Pemeriksaan material	41
3.4.5	Perencanaan campuran	44
3.4.6	Pencampuran beton aspal campuran panas (<i>hot mix</i>).....	46
3.4.7	Pengujian <i>Marshall</i>	46
3.4.8	Analisis Modulus Elastisitas	47
3.4.9	Analisis dengan program <i>KENPAVE</i>	48
3.5	Analisis Data	49
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN		50
4.1	Hasil Pemeriksaan Uji Material	50
4.1.1	Pemeriksaan aspal	50
4.1.2	Pemeriksaan agregat.....	50
4.1.3	Pemeriksaan material kaca	51
4.2	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) 52	
4.3	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Limbah Pecahan Kaca	54
4.3.1	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Density</i>	54
4.3.2	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai VIM.....	55
4.3.3	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai VMA	57
4.3.4	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai VFA.....	58
4.3.5	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai Stabilitas.....	60
4.3.6	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Flow</i>	61
4.3.7	Hubungan penggunaan limbah pecahan kaca terhadap nilai MQ	62
4.4	Hasil Perhitungan Modulus Elastisitas.....	63
4.5	Hasil Analisis Program <i>KENPAVE</i>	64
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		66
5.1	Kesimpulan.....	66
5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA		68
LAMPIRAN.....		71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan penelitian sekarang dengan penelitian terdahulu	8
Tabel 2.2 Ukuran maksimum agregat dan tebal minimum laston (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)	14
Tabel 2.3 Ketentuan aspal penetrasi 60/70 (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)	15
Tabel 2.4 Ketentuan agregat kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)	16
Tabel 2.5 Ketentuan agregat halus (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2)	17
Tabel 2.6 Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2).....	18
Tabel 2.7 Komponen kimia pada bahan kaca (Simone dkk., 2017)	19
Tabel 2.8 Ketentuan sifat-sifat campuran laston (AC) (Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2).....	23
Tabel 2.9 Hubungan Stabilitas <i>Marshall</i> dengan Modulus Elastisitas (Tanton dan Tajudin, 2020).....	24
Tabel 3.1 Kebutuhan agregat pada setiap ukuran saringan.....	44
Tabel 3.2 Kadar dan jumlah benda uji untuk mencari KAO.....	45
Tabel 3.3 Jumlah benda uji dan berat per variasi limbah pecahan kaca	45
Tabel 4.1 Hasil pengujian aspal	50
Tabel 4.2 Hasil pemeriksaan agregat kasar.....	51
Tabel 4.3 Hasil pemeriksaan agregat halus.....	51
Tabel 4.4 Hasil pemeriksaan material kaca.....	52
Tabel 4.5 Hasil pengujian <i>Marshall</i> untuk kadar aspal optimum	53
Tabel 4.6 Penentuan kadar aspal optimum	53
Tabel 4.7 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Density</i>	54
Tabel 4.8 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai VIM.....	56
Tabel 4.9 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai VMA	57
Tabel 4.10 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai VFA.....	58
Tabel 4.11 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai Stabilitas.....	60

Tabel 4.12 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Flow</i>	61
Tabel 4.13 Hasil pengujian <i>Marshall</i> dengan limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Marshall Quotient</i>	62
Tabel 4.14 Hasil analisis Modulus Elastisitas	63
Tabel 4.15 Nilai pembebanan rencana	65
Tabel 4.16 Hasil analisis dengan program <i>KENPAVE</i>	65

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema pendistribusian beban, (a) perkerasan kaku, (b) perkerasan lentur (Sukirman, 2010)	12
Gambar 2.2 Grafik korelasi Stabilitas <i>Marshall</i> dengan Modulus Elastisitas (Tanton dan Tajudin, 2020)	24
Gambar 2.3 Grafik regresi hubungan antara Stabilitas <i>Marshall</i> dengan modulus (Tanton dan Tajudin, 2020).....	25
Gambar 3.1 Aspal.....	27
Gambar 3.2 Agregat kasar.....	28
Gambar 3.3 Limbah pecahan kaca	28
Gambar 3.4 Agregat halus.....	29
Gambar 3.5 <i>Filler</i>	29
Gambar 3.6 Oven	30
Gambar 3.7 Timbangan.....	30
Gambar 3.8 Saringan agregat	31
Gambar 3.9 Mesin pengguncang saringan mekanis.....	31
Gambar 3.10 <i>Asphalt compactor</i>	32
Gambar 3.11 Mesin abrasi <i>los angeles</i>	32
Gambar 3.12 Penetrometer	33
Gambar 3.13 Alat uji titik lembek aspal	33
Gambar 3.14 <i>Extruder</i>	34
Gambar 3.15 Kompor.....	34
Gambar 3.16 Cetakan benda uji campuran aspal	35
Gambar 3.17 <i>Thermogun</i>	35
Gambar 3.18 <i>Marshall electrical machine</i>	36
Gambar 3.19 <i>Water bath</i>	36
Gambar 3.20 Kaliper.....	37
Gambar 3.21 Alat uji daktilitas dan bak perendam.....	37
Gambar 3.22 Bagan alir penelitian.....	39
Gambar 3.23 Bagan alir analisis penggunaan program <i>KENPAVE</i>	40
Gambar 4.1 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Density</i>	55
Gambar 4.2 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap nilai VIM	56

Gambar 4.3 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap nilai VMA.....	57
Gambar 4.4 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap VFA	59
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap nilai Stabilitas	60
Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Flow</i>	61
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kadar penggantian limbah pecahan kaca terhadap nilai <i>Marshall Quotient</i>	62
Gambar 4.8 Data lapisan perkerasan jalan	64

DAFTAR SINGKATAN

Laston	: Lapisan aspal beton
AC-WC	: <i>Asphalt Concrete-Wearing Course</i>
AC-BC	: <i>Asphalt Concrete-Binder Course</i>
AC-Base	: <i>Asphalt Concrete-Base</i>
KAO	: Kadar aspal optimum
VIM	: <i>Voids in Mix</i>
VMA	: <i>Void in Mineral Aggregate</i>
VFA	: <i>Void Filled Asphalt</i>
MQ	: <i>Marshall Quotient</i>
SSD	: <i>Saturated Surface Dry</i>
SNI	: Standar Nasional Indonesia
ASTM	: <i>American Standard Testing and Material</i>
AASHTO	: <i>The American Association of State Highway and Transportation Officials</i>
AAPA	: <i>Australia Asphalt Pavement Association</i>
ESAL	: <i>Equivalent Single Axle Load</i>

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Hasil Pemeriksaan Penetrasi Aspal	71
Lampiran 2 Hasil Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	72
Lampiran 3 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	73
Lampiran 4 Hasil Pemeriksaan Daktilitas Aspal	74
Lampiran 5 Hasil Pemeriksaan Kehilangan Berat Minyak Aspal	75
Lampiran 6 Hasil Pemeriksaan Keausan Agregat.....	76
Lampiran 7 Hasil Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal.....	77
Lampiran 8 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	78
Lampiran 9 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	79
Lampiran 10 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Material Kaca	80
Lampiran 11 <i>Mix Design</i>	81
Lampiran 12 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Kadar Aspal Optimum (KAO)	82
Lampiran 13 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Limbah Pecahan Kaca.....	84
Lampiran 14 Hasil Analisis Menggunakan Program <i>KENPAVE</i>	86