

TUGAS AKHIR

**MODULUS ELASTISITAS DAN KARAKTERISTIK
MARSHALL STRUKTUR BETON ASPAL DENGAN SERBUK
KULIT MANGGIS SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
HALUS**



Muhammad Daffa' Dakhilullah

20200110192

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

2024

TUGAS AKHIR

**MODULUS ELASTISITAS DAN KARAKTERISTIK
MARSHALL STRUKTUR BETON ASPAL DENGAN SERBUK
KULIT MANGGIS SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
HALUS**

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



Muhammad Daffa' Dakhilullah

20200110192

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

2024

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Daffa' Dakhilullah
NIM : 20200110192
Judul : Modulus Elastisitas dan Karakteristik *Marshall* Struktur Beton
Aspal Dengan Serbuk Kulit Manggis 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, Juli 2024

Yang membuat pernyataan



Muhammad Daffa' Dakhilullah

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 yaitu bapak Jaka Suryono S.Pd dan ibu Nurdiniati S.sos yang telah memberikan dukungan dalam bentuk moril maupun materil selama saya menempuh perkuliahan di Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Tanpa *support* dan dukungan beliau berdua saya bukanlah apa apa, untuk itu saya ingin mengucapkan banyak banyak terimakasih kepada beliau berdua. Mungkin saya tidak akan mungkin bisa membalas jasa beliau berdua, namun saya akan terus berusaha membuat beliau berdua bangga. “ Pakk, bukk anak e jenengan luluss, matur nuwun”.
2. Keluarga saya yang telah memberikan dukungan tiada henti kepada saya selama menempuh perkuliahan di Universitas Muhammyadiyah Yogyakarta.
3. Bapak Ir. Dian M. Setiawan, S.T., M.Sc., Ph.D., A.M.ASCE. yang telah membimbing dalam penyusunan Tugas Akhir.
4. Teman-teman Satgas Percepatan TA 2024 yang selalu mendukung dan membantu penelitian di laboratorium serta penyusunan Tugas Akhir.
5. Teman-teman yang telah mendukung secara moril.
6. Semua pihak yang terlibat dalam penyusunan tugas akhir ini.

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 selamaproses 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 skripsi.

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

Wassalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Yogyakarta, Juli 2024

Penyusun

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 LAMPIRAN..... | xiii |
| DAFTAR SINGKATAN | xiv |
| ABSTRAK | xv |
| <i>ABSTRACT</i> | xvi |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 2 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 3 |
| 1.5 Batasan Masalah..... | 3 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI | 5 |
| 2.1 Tinjauan Pustaka | 5 |
| 2.1.1 Penelitian Terdahulu | 5 |
| 2.1.2 Perbedaan Penelitian Sekarang Dengan Penelitian Terdahulu | 10 |
| 2.2 Dasar Teori..... | 14 |
| 2.2.1 Perkerasan Lentur (<i>Flexible Pavement</i>) | 14 |
| 2.2.2 Beton Aspal..... | 15 |
| 2.2.3 Agregat..... | 17 |
| 2.2.4 Aspal | 21 |
| 2.2.5 Bahan Pengganti Agregat | 23 |
| 2.2.6 <i>Marshall</i> | 23 |
| 2.2.7 Modulus Elastisitas | 27 |
| 2.2.8 Program <i>KENPAVE</i> | 29 |

| | |
|---|----|
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 32 |
| 3.1 Bagan Alir Penelitian | 32 |
| 3.2 Material | 35 |
| 3.3 Alat | 37 |
| 3.4 Tempat dan Waktu Penelitian | 44 |
| 3.5 Tahapan Penelitian | 44 |
| 3.5.1 Persiapan | 44 |
| 3.5.2 Pemeriksaan Material | 45 |
| 3.5.3 Pembuatan Serbuk Kulit Manggis | 48 |
| 3.5.4 Perencanaan Campuran (<i>Mix Design</i>) | 49 |
| 3.5.5 Pembuatan Benda Uji | 51 |
| 3.5.6 Pengujian <i>Marshall</i> | 52 |
| 3.5.7 Perhitungan Modulus Elastisitas..... | 53 |
| 3.5.8 Pengujian <i>KENPAVE</i> | 54 |
| 3.5.9 Analisis Data..... | 55 |
| BAB IV | 57 |
| HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN | 57 |
| 4.1 Hasil dan Pembahasan Material..... | 57 |
| 4.1.1 Pengujian Agregat | 57 |
| 4.1.2 Pengujian Serbuk Kulit Manggis | 58 |
| 4.1.3 Pengujian Aspal..... | 59 |
| 4.2 Pengujian <i>Marshall</i> | 60 |
| 4.2.1 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)..... | 60 |
| 4.2.2 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kulit Manggis Sebagai Pengganti Agregat Halus..... | 69 |
| 4.3 Analisis Modulus Elastisitas | 79 |
| 4.4 Hasil dan Program <i>KENPAVE</i> | 80 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... | 84 |
| 5.1 Kesimpulan | 84 |
| 5.2 Saran | 85 |
| DAFTAR PUSTAKA | 86 |
| LAMPIRAN..... | 89 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1 Perbedaan Dengan Penelitian Terdahulu | 10 |
| Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar | 18 |
| Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus | 19 |
| Tabel 2.4 Ketentuan <i>Filler</i> | 20 |
| Tabel 2.5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal | 20 |
| Tabel 2.6 Jenis Pengujian Aspal | 22 |
| Tabel 2.7 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston | 26 |
| Tabel 2.8 Hubungan stabilitas <i>marshall</i> dengan modulus | 28 |
| Tabel 2.9 Nilai <i>Poisson Ratio</i> Berdasarkan Jenis Material | 31 |
| Tabel 3.1 Jumlah benda uji yang diperlukan untuk menentukan KAO | 50 |
| Tabel 3.2 Jumlah benda uji yang diperlukan untuk variasi serbuk kulit manggis | 50 |
| Tabel 3.3 Kebutuhan agregat setiap saringan | 50 |
| Tabel 3.4 Nilai Modulus Elastisitas Berdasarkan Material | 54 |
| Tabel 4.1 Hasil Pengujian Agregat Kasar | 57 |
| Tabel 4.2 Hasil Pengujian Agregat Halus | 58 |
| Tabel 4.3 Hasil Pengujian Serbuk Kulit Manggis | 58 |
| Tabel 4.4 Hasil Pengujian Aspal | 59 |
| Tabel 4.5 Hasil Pengujian Marshall KAO | 60 |
| Tabel 4.6 Hasil Pengujian Kepadatan | 60 |
| Tabel 4.7 Hasil Pengujian VFA | 62 |
| Tabel 4.8 Hasil Pengujian VIM | 63 |
| Tabel 4.9 Hasil Pengujian VMA | 64 |
| Tabel 4.10 Hasil Pengujian Stabilitas | 65 |
| Tabel 4.11 Hasil Pengujian <i>Flow</i> | 66 |
| Tabel 4.12 Hasil Pengujian <i>Marshall Quotient</i> | 67 |
| Tabel 4.13 Penentuan Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) | 68 |
| Tabel 4.14 Hasil Pengujian Kepadatan Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 69 |
| Tabel 4.15 Hasil Pengujian VFA Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 71 |
| Tabel 4.16 Hasil Pengujian VIM Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 72 |
| Tabel 4.17 Hasil Pengujian VMA Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 73 |
| Tabel 4.18 Hasil Pengujian Stabilitas Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 75 |
| Tabel 4.19 Hasil Pengujian <i>Flow</i> Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 76 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.20 Hasil Pengujian <i>Marshall Quotient</i> Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 77 |
| Tabel 4.21 Hasil Pengujian Marshall Menggunakan Pengganti Serbuk Kulit Manggis..... | 79 |
| Tabel 4.23 Data Hasil Analisis Perhitungan Modulus Elastisitas..... | 80 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Distribusi Beban Perkerasan Lentur dan Kaku | 14 |
| Gambar 2.2 Susunan Konstruksi Perkerasan Lentur..... | 17 |
| Gambar 2.3 Grafik korelasi stabilitas <i>marshall</i> dan nilai modulus..... | 28 |
| Gambar 2.4 Grafik regresi hubungan stabilitas <i>marshall</i> dengan modulus | 29 |
| Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian | 32 |
| Gambar 3.2 Bagan Alir KENPAVE | 34 |
| Gambar 3.3 Aspal..... | 35 |
| Gambar 3.4 Agregat Kasar..... | 35 |
| Gambar 3.5 Serbuk Kulit Manggis | 36 |
| Gambar 3.6 Agregat Halus..... | 36 |
| Gambar 3.7 <i>Filler</i> | 37 |
| Gambar 3.8 <i>Oven</i> | 37 |
| Gambar 3.9 Timbangan..... | 38 |
| Gambar 3.10 Saringan Agregat..... | 38 |
| Gambar 3.11 <i>Sieve Shacker</i> | 39 |
| Gambar 3.12 <i>Manual Asphalt Compactor</i> | 39 |
| Gambar 3.13 Mesin Abrasi <i>Los Angeles</i> | 40 |
| Gambar 3.14 Penetrometer | 40 |
| Gambar 3.15 Alat uji titik lembek..... | 41 |
| Gambar 3.16 <i>Extruder</i> | 41 |
| Gambar 3.17 Kompor..... | 41 |
| Gambar 3.18 Cetakan benda uji | 42 |
| Gambar 3.19 <i>Thermogun</i> | 42 |
| Gambar 3.20 Alat uji <i>Marshall</i> | 43 |
| Gambar 3.21 <i>Water bath</i> | 43 |
| Gambar 3.22 Kaliper..... | 44 |
| Gambar 4.1 Grafik Hubungan Kepadatan dan Kadar Aspal..... | 61 |
| Gambar 4.2 Grafik Hubungan VFA dan Kadar Aspal..... | 62 |
| Gambar 4.3 Grafik Hubungan VIM dan Kadar Aspal | 63 |
| Gambar 4.4 Grafik Hubungan VMA dan Kadar Aspal..... | 64 |
| Gambar 4.5 Grafik hubungan stabilitas dan kadar aspal..... | 65 |
| Gambar 4.6 Grafik Hubungan <i>Flow</i> dan Kadar Aspal..... | 66 |
| Gambar 4.7 Grafik Hubungan <i>Marshall Quotient</i> dan Kadar Aspal | 67 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kepadatan dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis..... | 70 |
| Gambar 4.9 Grafik Hubungan VFA dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis..... | 71 |
| Gambar 4.10 Grafik Hubungan VIM dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis..... | 72 |
| Gambar 4.11 Grafik Hubungan VMA dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis..... | 74 |
| Gambar 4.12 Grafik Hubungan Stabilitas dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis..... | 75 |
| Gambar 4.13 Grafik Hubungan Flow dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis..... | 76 |
| Gambar 4.14 Grafik Hubungan <i>Marshall Quotient</i> dan Variasi Penambahan Serbuk Kulit Manggis | 78 |
| Gambar 4.15 Struktur lapis perkerasan jalan | 83 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | |
|---|-----|
| Lampiran 1. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar..... | 86 |
| Lampiran 2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus..... | 88 |
| Lampiran 3. Berat Jenis dan Penyerapan Air Serbuk Kulit Manggis | 90 |
| Lampiran 4. Keausan Agregat..... | 92 |
| Lampiran 5. Kelekatan Agregat | 93 |
| Lampiran 6. Pengujian Berat Jenis Aspal | 94 |
| Lampiran 7. Pengujian Penetrasi Aspal | 96 |
| Lampiran 8. Kehilangan Berat Minyak Aspal | 97 |
| Lampiran 9. Daktilitas..... | 98 |
| Lampiran 10. Titik Lembek Aspal | 99 |
| Lampiran 11. <i>Mix Design</i> | 100 |
| Lampiran 12. Pengujian <i>Marshall</i> | 102 |
| Lampiran 13. Analisis Modulus Elastisitas..... | 107 |
| Lampiran 14. Perhitungan Program <i>KENPAVE</i> | 109 |

DAFTAR SINGKATAN

| | |
|---------|--|
| SNI | : Standar Nasional Indonesia |
| VMA | : <i>Void in Mineral Agregat</i> |
| VIM | : <i>Void in Mixture</i> |
| VFA | : <i>Void Filled with Asphalt</i> |
| MQ | : <i>Marshall Quotient</i> |
| KAO | : Kadar Aspal Optimum |
| AC-WC | : <i>Asphalt Concrete Wearing Course</i> |
| AC-BC | : <i>Asphalt Concrete Binder Course</i> |
| AC-Base | : <i>Asphalt Concrete Base</i> |
| HRS- WC | : <i>Hot Rolled Sheet Wearing Course</i> |
| SSD | : <i>Saturated Surface Dry</i> |
| kg | : Kilogram |
| gr | : Gram |
| mm | : Milimeter |
| cc | : Cetimeter Cubic |