



**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KABEL FIBER
OPTIK TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
CAMPURAN ASPAL BETON**

TUGAS AKHIR

NOVAN BAYU SETIYAWAN

41120110128

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MERCU BUANA

JAKARTA

2024



**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KABEL FIBER
OPTIK TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA
CAMPURAN ASPAL BETON**

TUGAS AKHIR

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Strata Satu (S1)

**NOVAN BAYU SETIYAWAN
41120110128**

**UNIVERSITAS
MERCU BUANA**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA**

2024

LEMBAR PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Novan Bayu Setiyawan
NIM : 41120110128
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : STUDI PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH KABEL FIBER OPTIK TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL PADA CAMPURAN ASPAL BETON

Telah berhasil dipertahankan pada sidang di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 (S1) pada Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

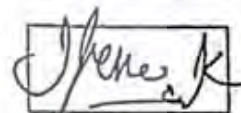
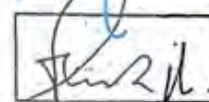
Disahkan oleh:

Pembimbing : Dr. Ir Andri Irfan Rifai, MCE, ASEAN.Eng
NIDN/NIDK/NIK : 1013087801

Ketua Penguji : Raden Hendra Ariyapijati Dr., ST., MT.,
NIDN/NIDK/NIK : 0116086801

Anggota Penguji : Reni Karno Kinasih, ST., MT.
NIDN/NIDK/NIK : 0317088407

Tanda Tangan



UNIVERSITAS

Jakarta, 15 Maret 2025

MENGETAHUI,
DEKAN FAKULTAS TEKNIK



Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.
NIDN: 0307037202

KETUA PROGRAM STUDI S1 TEKNIK SIPIL



Dr. Acep Hidavat, S.T., M.T.
NIDN: 0325067505

PERNYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Novan Bayu Setiyawan
NIM : 41120110128
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Studi Pengaruh Penambahan Limbah Kabel Fiber Optik Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton.

Menyatakan bahwa Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan bukan plagiat, serta semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar. Apabila ternyata ditemukan di dalam Skripsi saya terdapat unsur plagiat, maka saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Jakarta, 13 Maret 2025


Novan Bayu Setiyawan

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

ABSTRAK

Judul : Studi Pengaruh Penambahan Limbah Kabel Fiber Optik Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton, Nama : Novan Bayu Setiyawan NIM : 41120110128, Dosen Pembimbing : Dr. Ir Andri Irfan Rifai, MCE, ASEAN. Eng, 2025

Limbah elektronik (e-waste) terus meningkat secara global, dengan 53,6 juta metrik ton tercatat pada tahun 2019 dan hanya 17,4% yang didaur ulang. Di Indonesia, limbah elektronik meningkat 14% per tahun, terutama dari sektor telekomunikasi. Salah satu sumber utama e-waste adalah limbah kabel fiber optik dari penertiban kabel udara. Kabel ini terdiri dari inti kaca atau plastik yang dilapisi polimer serta pelindung baja atau kevlar. Sifat mekanis dan ketahanan termalnya membuatnya potensial sebagai bahan tambahan dalam campuran aspal beton guna meningkatkan karakteristik marshall serta mengatasi permasalahan lingkungan.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen laboratorium dengan uji marshall untuk menganalisis pengaruh serbuk limbah kabel fiber optik terhadap stabilitas, flow, VIM, VMA, dan VFA dalam campuran aspal beton. Variasi kadar limbah yang digunakan adalah 0%, 3%, 5%, dan 7%. Analisis harga satuan berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 dan SNI dilakukan untuk menilai kelayakan ekonominya. Penelitian ini berlangsung di Laboratorium Bahan Universitas Mercu Buana, Warung Buncit, Meruya Selatan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan penambahan serbuk limbah kabel fiber optik, memberikan dampak terhadap stabilitas dibandingkan dengan campuran standar. Marshall Quotient (MQ) juga meningkat, menunjukkan peningkatan kekakuan campuran. Namun, pada kadar 7%, terjadi penurunan stabilitas akibat distribusi serbuk yang tidak merata. Dari segi ekonomi, penggunaan limbah ini mampu menekan biaya produksi campuran aspal beton hingga 3,44% per ton dibandingkan dengan campuran konvensional. Kesimpulannya, pemanfaatan limbah kabel fiber optik dalam campuran aspal beton berpotensi meningkatkan performa mekanis, efisiensi biaya, serta mendukung pengelolaan limbah elektronik secara berkelanjutan.

Kata kunci: Marshall Test, limbah kabel fiber optik, stabilitas, Marshall Quotient, aspal beton, perkerasan jalan, analisis ekonomi.

ABSTRACT

Judul : Studi Pengaruh Penambahan Limbah Kabel Fiber Optik Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton, Nama : Novan Bayu Setiyawan NIM : 41120110128, Dosen Pembimbing : Dr. Ir Andri Irfan Rifai, MCE, ASEAN. Eng, 2025

Electronic waste (e-waste) continues to rise globally, with 53.6 million metric tons recorded in 2019, of which only 17.4% was recycled. In Indonesia, e-waste increases by 14% annually, primarily from the telecommunications sector. One major source of e-waste is optical fiber cable waste from the removal of aerial cables. These cables consist of a glass or plastic core coated with polymer and reinforced with steel or Kevlar. Due to its mechanical strength and thermal resistance, this material has potential as an additive in asphalt concrete mixtures to enhance Marshall characteristics while addressing environmental issues.

This study employs a laboratory experimental method using the Marshall Test to analyze the effect of shredded optical fiber cable waste on stability, flow, VIM, VMA, and VFA in asphalt concrete mixtures. Waste fiber cable variations of 0%, 3%, 5%, and 7% were tested. A cost analysis based on the 2018 Bina Marga General Specifications (Revision 2) and Indonesian National Standards (SNI) was conducted to assess economic feasibility. The research was carried out at the Materials Laboratory of Universitas Mercu Buana, Warung Buncit, Meruya Selatan.

Results indicate that adding optical fiber cable waste make an impact stability compared to the standard mixture. The Marshall Quotient (MQ) also improves, reflecting enhanced mixture stiffness. However, at 7% addition, stability decreases due to uneven waste distribution. Economically, using this waste material reduces the production cost of asphalt concrete mixtures by up to 3,44% per ton compared to conventional mixtures. In conclusion, utilizing optical fiber cable waste in asphalt concrete mixtures has significant potential to improve mechanical performance, cost efficiency, and support sustainable e-waste management.

Keywords: *Marshall Test, optical fiber cable waste, stability, Marshall Quotient, asphalt concrete, pavement engineering, economic analysis.*

KATA PENGANTAR

Dengan penuh rasa syukur, penulis mengucapkan terima kasih kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat dan karunia-Nya, yang memungkinkan penulis menyelesaikan Pengujian Tugas Akhir berjudul "**Studi Pengaruh Penambahan Limbah Kabel Fiber Optik Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton.**" Laporan ini disusun dalam rangka memenuhi persyaratan Tugas Akhir program pendidikan Strata 1 (S1) di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana. Dalam penyelesaian Pengujian, penulis akan menyampaikan rasa terima kasih kepada:

1. Tuhan Semesta alam atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Kedua orang tua dan keluarga yang memberikan dukungan penuh serta kasih sayang yang tak terhingga.
3. Bapak Dr. Ir Andri Irfan Rifai, MCE, ASEAN. Eng Selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Teknik Sipil Universitas Mercu Buana.
4. Bapak Dr. Acep Hidayat, S.T., M.T. Selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Mercubuana.
5. Sahabat dan teman dekat yang selalu memberikan energi positif untuk kemajuan hidup.
6. Semua pihak yang memberikan dukungan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan Pengujian Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kesalahan dan kekurangan. Penulis berharap hasil pengujian ini dapat memberikan manfaat, baik bagi penulis secara khusus maupun bagi pembaca secara umum.

Jakarta , 14 Maret 2025

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
PERNYATAAN KARYA SENDIRI	iii
ABSTRAK.....	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR GRAFIK	xiii
DAFTAR ISTILAH.....	xiv
 BAB I.....	 I-1
1.1 Latar Belakang	I-1
1.2 Identifikasi Masalah	I-3
1.3 Perumusan Masalah.....	I-3
1.4 Maksud dan Tujuan	I-4
1.5 Manfaat Pengujian.....	I-4
1.6 Pembatasan dan Ruang Lingkup Masalah	I-4
1.7 Sistematika Penulisan.....	I-5
 BAB II.....	 II-1
TINJAUAN PUSTAKA	II-1
2.1 Infrastruktur Jalan	II-1
2.2 Klasifikasi Jalan	II-2
2.3 Perkerasan Jalan	II-3
2.4 Konstruksi Perkerasan Lentur (Flexible Pavement).....	II-4
2.5 Struktur Perkerasan Lentur	II-5
2.5.1 Tanah Dasar	II-7
2.5.2 Pondasi Perkerasan	II-8
2.5.3 Perkerasan dengan Lapis Beraspal.....	II-10
2.6 Material Lapisan <i>Asphalte Concrete</i> (LASTON)	II-11

2.6.1 Agregat	II-12
2.6.2 Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	II-15
2.6.3 Aspal.....	II-16
2.6.4 Bahan Tambah (<i>Additive</i>)	II-20
2.7 Standar Pengujian Bahan.....	II-21
2.8 Penentuan Kadar Aspal	II-24
2.9 Metode Campuran Aspal	II-24
2.10 Metode Perencanaan Pencampuran Aspal (<i>Mix Design</i>)	II-25
2.11 Pengujian Aspal (<i>Marshall Test</i>).....	II-26
2.11.1 Pengujian Rendam.....	II-27
2.11.2 Pengujian Kuat Tekan.....	II-27
2.11.3 Parameter Uji <i>Marshall</i>	II-27
2.12 Penelitian Terdahulu.....	II-29
2.13 <i>Research Gap</i>	II-41
2.14 Kerangka Berfikir.....	II-48
 BAB III	 III-1
METODE PENGUJIAN	III-1
3.1 Umum	III-1
3.2 Prosedur <i>Mix Design</i>	III-3
3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan	III-3
3.2.2 Uji Material Campuran dan Pengumpulan Data	III-10
3.2.3 Persiapan Campuran Benda Uji Marshall serta Pengambilan Data.....	III-14
3.3 Kegiatan Pengujian	III-23
 BAB IV	 IV-1
HASIL DAN ANALISIS.....	IV-1
4.1 Umum	IV-1
4.2.1 Proses Pengujian.....	IV-1
4.2 Hasil Pengujian Bahan	IV-6
4.2.1 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat.....	IV-6
4.2.2 Hasil Pengujian Karakteristik Aspal	IV-12
4.2.3 Hasil Pengujian Fisik Limbah Kabel Fiber Optik	IV-17
4.3 Hasil Pengujian Benda Uji (<i>Marshall Test</i>)	IV-18
4.3.1 Persiapan Bahan Sample (<i>Mix Design</i>).....	IV-18

4.3.2 Pembuatan Benda Uji Campuran Beton Aspal AC-WC.....	IV-21
4.3.2 Pengujian <i>Marshall</i> Test.....	IV-21
4.3 Hasil Analisa Rencana Anggaran Biaya	IV-31
 BAB V	 V-1
Penutup	V-1
3.1 Kesimpulan	V-1
3.2 Saran	V-2
 DAFTAR PUSTAKA	 PUSTAKA-1
LAMPIRAN.....	LAMPIRAN-1



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tabel Ketentuan Agregat Kasar	II-21
Tabel 2. 2 Tabel Ketentuan Agregat Halus	II-22
Tabel 2. 3 Tabel Ketentuan Aspal Keras.....	II-22
Tabel 2. 4 Tabel Gradasi Agregat Penutup	II-26
Tabel 2. 5 Daftar Pengujian Sejenis.....	II-30
Tabel 2. 6 Daftar Research Gap Pengujian Sejenis	II-41
Tabel 3. 1 Daftar Alat Inti Pengujian Agregat	III-5
Tabel 3. 2 Daftar Alat Inti Pengujian Aspal	III-7
Tabel 3. 3 Daftar Alat Inti Pengujian Campuran Aspal	III-8
Tabel 3. 4 Viskositas aspal keras untuk pencampuran dan pemadatan.....	III-18
Tabel 3. 5 Jumlah Sample (Benda Uji).....	III-21
Tabel 4. 1 Data Hasil Saringan Agregat Kasar	IV-6
Tabel 4. 2 Data Hasil Saringan Agregat Halus	IV-7
Tabel 4. 3 Tabel Perbandingan Agregat Campuran Aspal Beton AC-WC.....	IV-8
Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Agregat	IV-9
Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat	IV-9
Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Keausan pada Agregat Kelas B	IV-10
Tabel 4. 7 Hasil Pengujian Keausan pada Agregat Kelas C	IV-10
Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Keausan pada Agregat Kelas D	IV-11
Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Murni	IV-12
Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Murni	IV-13
Tabel 4. 11 Hasil Pengujian Titik Lembek Aspal Murni	IV-13
Tabel 4. 12 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal Murni.....	IV-14
Tabel 4. 13 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Murni	IV-14
Tabel 4. 14 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal Modifikasi.....	IV-15
Tabel 4. 15 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal Modifikasi.....	IV-16

Tabel 4. 16 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal Modifikasi.....	IV-17
Tabel 4. 17 Hasil Pengujian Limbah Kabel Fiber Optik	IV-17
Tabel 4. 18 Perhitungan Mix Design	IV-18
Tabel 4. 19 Pembagian Aspal dan Agregat	IV-19
Tabel 4. 20 Berat Rencana Limbah Kabel Fiber Optik dalam Aspal	IV-19
Tabel 4. 21 Berat Rencana Aspal dalam Campuran	IV-20
Tabel 4. 22 Berat Rencana Agregat dalam Campuran	IV-20
Tabel 4. 23 Data Tahapan Pembuatan Benda Uji	IV-21
Tabel 4. 24 Hasil Pengujian Berat Jenis dan Tinggi Benda Uji.....	IV-23
Tabel 4. 25 Data Nilai Pengujian dan Perhitungan Marshall Test	IV-24
Tabel 4. 26 Analisa Harga Satuan Asphalt Concrete Wearing Course (AC WC) per Ton	IV-32
Tabel 4. 27 Penyesuaian Quantity Bahan	IV-33
Tabel 4. 28 Analisa Harga Satuan Asphalt Concrete Wearing Course (AC WC) Kadar Aspal KA) 6,22%% per Ton.....	IV-33
Tabel 4. 29 Penyesuaian Quantity Bahan dengan Aspal 6,22% dan Limbah 7%.....	IV-35
Tabel 4. 30 Data Modifikasi Analisa Harga Satuan Asphalt Concrete Wearing Course (AC WC) Aspal Modifikasi per Ton.....	IV-35

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gambar Susunan Lapis Perkerasan Lentur di Tanah Asli.....	II-6
Gambar 2. 2 Prosedur Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Pendekatan Mekanistik	II-11
Gambar 2. 3 Gambar Struktur Campuran Aspal.....	II-29
Gambar 2. 4 Flowchart Kerangka Berfikir.....	II-48
 Gambar 3. 1 Diagram Alur Pengujian	III-3
Gambar 3. 2 Aspal Pertamina Penetrasi 60/70	III-4
Gambar 3. 3 Sieve Shaker Electric.....	III-6
Gambar 3. 4 Mesin Los Angeles	III-6
Gambar 3. 5 Penetrometer.....	III-7
Gambar 3. 6 Daktilometer	III-8
Gambar 3. 7 Ring and Ball Titik Lembek Aspal	III-8
Gambar 3. 8 Waterbath.....	III-9
Gambar 3. 9 Marshall Test Machine.....	III-9
Gambar 3. 10 Alat Penumbuk Benda Uji	III-16
Gambar 3. 11 Alat Extruder.....	III-16
 Gambar 4. 1 Pencacahan dan Penyaringan Kabel Fiber Optik.....	IV-2
Gambar 4. 2 Pengujian Analisa Saringan Agregat	IV-2
Gambar 4. 3 Pengujian Keausan Agregat.....	IV-2
Gambar 4. 4 Pengujian Penyerapan Agregat.....	IV-3
Gambar 4. 5 Pengujian Penyerapan Agregat	IV-3
Gambar 4. 6 Pengujian Berat Jenis Aspal.....	IV-3
Gambar 4. 7 Pengujian Titik Lembek Aspal.....	IV-4
Gambar 4. 8 Pengujian Penetrasi Aspal.....	IV-4
Gambar 4. 9 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	IV-4
Gambar 4. 10 Proses Penumbukan Benda Uji.....	IV-5
Gambar 4. 11 Marshall Test.....	IV-5

DAFTAR GRAFIK

Grafik 4. 1 Ukuran Agregat digunakan VS Batas Spesifikasi Umum Bina Marga	IV-8
Grafik 4. 2 Perbandingan Penetrasi Setiap Kadar Campuran Additive	IV-15
Grafik 4. 3 Perbandingan Daktilitas Setiap Kadar Campuran Additive	IV-16
Grafik 4. 4 Hasil Marshall Test Campuran Aspal Beton Tanpa Limbah	IV-24
Grafik 4. 5 Perbandingan Nilai VIM Benda Uji Campuran Aspal Beton AC-WC ...	IV-25
Grafik 4. 6 Perbandingan Nilai VMA Benda Uji Campuran Aspal Beton AC-WC..	IV-26
Grafik 4. 7 Perbandingan Nilai VFA Benda Uji Campuran Aspal Beton AC-WC....	IV-27
Grafik 4. 8 Perbandingan Nilai Stabilitas Benda Uji Campuran Aspal Beton AC-WC	IV-28
Grafik 4. 9 Perbandingan Nilai Flow Benda Uji Campuran Aspal Beton AC-WC...	IV-29
Grafik 4. 10 Perbandingan Nilai Marshal Quotien Benda Uji Campuran Aspal Beton AC-WC.....	IV-30
Grafik 4. 11 Perbandingan KAO campuran limbah 7% dan 0% Pada Campuran AC-WC	IV-30

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

DAFTAR ISTILAH

Marshall Test	: Pengujian karakteristik campuran aspal berdasarkan stabilitas dan flow.
Stabilitas Marshall	: Kemampuan campuran aspal menahan beban sebelum mengalami deformasi.
Marshall Quotient (MQ)	: Rasio antara stabilitas dan flow untuk menentukan kekakuan campuran.
Flow	: Deformasi vertikal campuran aspal akibat beban uji Marshall.
VIM (Voids in Mix)	: Rongga udara dalam campuran aspal.
VMA (Voids in Mineral Aggregate)	: Rongga antara agregat yang belum terisi aspal.
VFA (Voids Filled with Asphalt)	: Persentase VMA yang telah terisi oleh aspal.
Kadar Aspal Efektif (Pbe)	: Jumlah aspal yang benar-benar berfungsi dalam campuran.
Kadar Aspal Total (Pb)	: Total aspal dalam campuran sebelum dikurangi yang terserap agregat.
Berat Jenis Agregat (Gsb)	: Kepadatan agregat dalam campuran aspal.
Berat Jenis Efektif (Gse)	: Berat jenis agregat setelah memperhitungkan aspal yang terserap.
Berat Jenis Campuran (Gmb)	: Berat jenis campuran setelah pemadatan.
Berat Jenis Maksimum Teoritis (Gmm)	: Berat jenis maksimum campuran tanpa rongga udara.
Kadar Aspal yang Terserap (Pa)	: Persentase aspal yang masuk ke pori-pori agregat.
Agregat Kasar	: Material batuan dengan ukuran lebih dari 4,75 mm.
Agregat Halus	: Material pasir atau batu pecah dengan ukuran lebih kecil dari 4,75 mm.

Filler	: Material halus yang berfungsi untuk mengisi rongga antar agregat.
Aspal Modifikasi Polimer	: Aspal yang dicampur dengan polimer untuk meningkatkan kualitas.
Stripping	: Hilangnya adhesi antara aspal dan agregat akibat air.
Bleeding	: Kelebihan aspal yang naik ke permukaan perkerasan.
Rutting	: Deformasi plastis pada jalur roda kendaraan di perkerasan.
Fatigue Cracking	: Retakan pada perkerasan akibat beban lalu lintas berulang.
Pavement Life Cycle	: Analisis biaya siklus hidup perkerasan.
Cost Analysis (LCCA)	
Marshall Immersion Test	: Uji stabilitas campuran setelah perendaman dalam air.
Mix Design	: Proses menentukan komposisi campuran aspal yang optimal.
Optimum Asphalt Content (OAC)	: Kadar aspal optimal dalam campuran.
Bitumen	: Zat pengikat utama dalam campuran aspal.
Struktur Perkerasan	: Susunan lapisan perkerasan jalan berdasarkan fungsinya.
Subgrade	: Lapisan tanah dasar sebelum perkerasan.
Subbase Course	: Lapisan perkerasan di atas tanah dasar.
Base Course	: Lapisan perkerasan di atas subbase untuk mendistribusikan beban.
Wearing Course	: Lapisan permukaan perkerasan jalan.