

**PENGARUH *COPPER SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS PADA *ASPHALT CONCRETE - BINDER COURSE***

Laporan Tugas Akhir

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana dari

Universitas Atma Jaya Yogyakarta

Oleh :

A. RIVALDO ANDHIKA WARDHANA

NPM : 17 02 16978



PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA

YOGYAKARTA

2021

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH *COPPER SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT HALUS PADA *ASPHALT CONCRETE - BINDER COURSE*

Oleh :

A. RIVALDO ANDHIKA WARDHANA

NPM : 17 02 16978/ TS

Telah diuji dan disetujui oleh Pembimbing:

Yogyakarta, 25 Agustus 2021

Pembimbing

(Ir. Yohanes Lulie, M.T.)

Disahkan oleh :



Ketua Program Studi Teknik Sipil
(Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D.)

PENGESAHAN

Laporan Tugas Akhir

PENGARUH *COPPER SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN AGREGAT HALUS PADA *ASPHALT CONCRETE - BINDER COURSE*



Oleh :

A. RIVALDO ANDHIKA WARDHANA

NPM : 17 02 16978

Telah diuji dan disetujui

	Nama
Ketua	: Ir. Yohanes Lulie, M.T.
Sekretaris	: Ir. JF Soandrijanie Linggo, M.T.
Anggota	: Dr. Ir. Junaedi Utomo, M.Eng.

Tanda tangan

Tanggal

9/8-21
.....
9/8-21
.....
5/12/21

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir dengan judul :

**PENGARUH *COPPER SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN
AGREGAT HALUS PADA *ASPHALT CONCRETE - BINDER COURSE***

Benar- benar merupakan hasil karya tulis saya sendiri dan bukan hasil plagiasi dari karya orang lain. Ide, data hasil penelitian maupun kutipan, baik langsung maupun tidak langsung yang bersumber dari tulisan atau ide orang lain dinyatakan secara tertulis dalam Tugas Akhir ini. Apabila terbukti dikemudian hari bahwa Tugas Akhir saya merupakan hasil plagiasi, maka ijazah yang saya peroleh dinyatakan batal dan akan saya kembalikan kepada Rektor Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Yogyakarta, 25 Agustus 2021

Yang Membuat Pernyataan,



A. Rivaldo Andhika Wardhana

KATA HANTAR

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, bimbingan, dan anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan segala yang merupakan syarat menyelesaikan pendidikan tinggi Program Strata-1 di Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini tidak mungkin diselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Dr. Eng. Luky Handoko, S.T., M.Eng., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
2. Dr. Ir. Imam Basuki, M.T. selaku Ketua Departemen Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
3. Ir. AY. Harijanto Setiawan, M.Eng., Ph.D., selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta.
4. Ir. Yohanes Lulie, M.T., selaku Dosen Pembimbing yang telah bersedia meluangkan waktu, tenaga dalam memberikan arahan dan petunjuk, serta sangat peduli kepada penulis sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta yang telah bersedia mengajarkan dan memberikan berbagai macam ilmu pengetahuan dalam bidang teknik sipil.

6. Orang tua, kakak, dan sahabat yang telah mendoakan, membantu, serta mendukung baik dalam bentuk moril maupun finansial hingga pembuatan Tugas Akhir ini dapat berjalan lancar.
7. Seluruh rekan Tugas Akhir, yaitu Bonaventura Jangkung, Katarina Olivia, dan Theodore Navy yang membantu penulis saat sedang mengalami kesusahan dalam pengerjaan Tugas Akhir.
8. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini dan tidak dapat disebut satu per satu.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Yogyakarta, 24 Agustus 2021

Penulis

A. Rivaldo Andhika Wardhana

NPM : 170216978

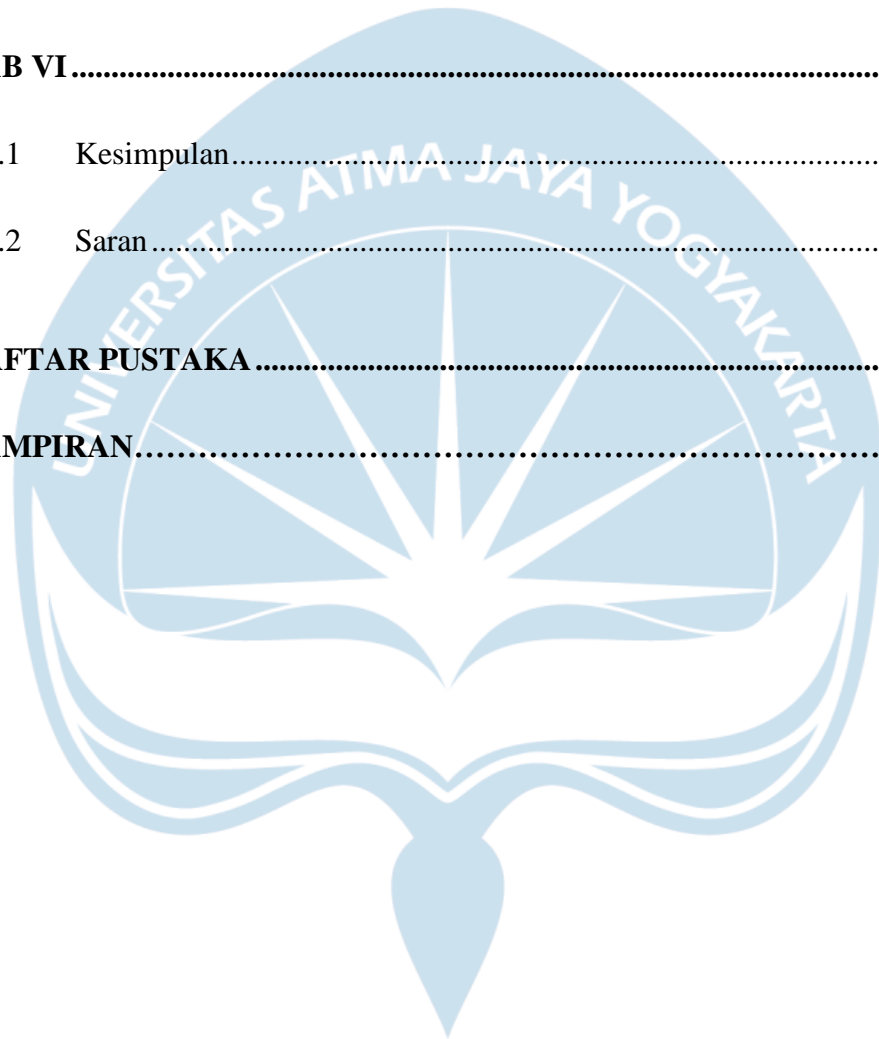
DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PENGESAHAN.....	ii
PENGESAHAN.....	iii
PERNYATAAN.....	iv
KATA HANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
INTISARI	xvi
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Tugas Akhir.....	4
1.6 Keaslian Penelitian	5
1.7 Perbedaan dengan Penelitian Sebelumnya	6

BAB II	9
2.1 Aspal Beton (<i>Asphalt Concrete</i>).....	9
2.2 Aspal.....	9
2.3 Karakteristik Pada Campuran Aspal	10
2.4 Agregat	11
2.4.1 Berdasarkan pengolahannya	12
2.4.2 Berdasarkan ukiran butirannya	12
2.5 <i>Filler</i>	13
BAB III	14
3.1 Bahan Penyusun	14
3.1.1 Aspal	14
3.1.2 Agregat.....	14
3.1.3 Bahan pengisi (<i>Filler</i>).....	16
3.1.4 <i>Copper slag</i>	16
3.1.5 Karakteristik campuran aspal beton.....	17
BAB IV	21
4.1 Tahapan Persiapan.....	21
4.1.1 Peralatan laboratorium.....	21
4.1.2 Bahan-bahan	23

4.2	Waktu dan Tempat Penelitian	24
4.3	Persiapan <i>Copper Slag</i> Sebagai Pengganti Agregat Sebagian Agregat Halus	24
4.4	Tahapan Pengerjaan Penelitian	25
4.4.1	Pengujian aspal	25
4.4.2	Pengujian agregat.....	25
4.4.3	Pengujian <i>copper slag</i>	26
4.4.4	Pembuatan benda uji.....	26
4.4.5	Pengujian <i>Marshall Test</i>	27
4.5	Diagram Alir Penelitian.....	29
BAB V	29
5.1	Hasil Pemeriksaan Bahan Penyusun Benda Uji	29
5.1.1	Pemeriksaan aspal.....	29
5.1.2	Pemeriksaan agregat	30
5.2	Kadar Aspal Optimum.....	31
5.2.1	Pengujian <i>Marshall</i>	31
5.2.2	Parameter <i>Marshall</i>	32
5.3	Variasi <i>Copper Slag</i> Sebagai Bahan Substitusi Sebagian Pada Agregat Halus	43
5.3.1	Pemeriksaan <i>copper slag</i>	43

5.3.2	Pengujian <i>Marshall</i>	44
5.3.3	Parameter <i>Marshall</i>	45
5.4.	Pembahasan	54
BAB VI	61
6.1	Kesimpulan.....	61
6.2	Saran.....	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN	63



DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Ketentuan Pengujian Aspal Pen. 60/70.....	14
Tabel 3.2 Ketentuan Pengujian Agregat Kasar	15
Tabel 3.3 Ketentuan Pengujian Agregat Halus	15
Tabel 3.4 Ketentuan Campuran Aspal Beton (AC)	17
Tabel 4.1 Variasi Jumlah Sampel Benda Uji Kadar Aspal Optimum.....	27
Tabel 4.2 Variasi Jumlah Sampel Benda Uji Kadar Copper Slag Optimum	27
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal.....	29
Tabel 5.2 Hasil Pemeriksaan Agregat Kasar.....	30
Tabel 5.3 Hasil Pemeriksaan Agregat Halus.....	30
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Marshall Kadar Aspal Optimum.....	31
Tabel 5.5 Hasil Kepadatan	32
Tabel 5.6 Hasil Rongga Dalam Campuran (VIM).....	34
Tabel 5.7 Hasil Rongga Dalam Agregat (VMA)	35
Tabel 5.8 Hasil Rongga Terisi Aspal (VFWA).....	36
Tabel 5.9 Nilai Stabilitas.....	38
Tabel 5.10 Nilai Kelelehan	39
Tabel 5.11 Nilai QM	41
Tabel 5.12 Hasil Pemeriksaan <i>Copper Slag</i>	43
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Pada Variasi <i>Copper Slag</i>	44
Tabel 5.14 Hasil Kepadatan Variasi <i>Copper Slag</i>	45
Tabel 5.15 Hasil VIM Variasi <i>Copper Slag</i>	47
Tabel 5.16 Hasil VMA Variasi <i>Copper Slag</i>	48

Tabel 5.17 Hasil VFWA Variasi <i>Copper Slag</i>	49
Tabel 5.18 Hasil Stabilitas Variasi <i>Copper Slag</i>	50
Tabel 5.19 Hasil Kelelehan Variasi <i>Copper Slag</i>	51
Tabel 5.20 Hasil QM Variasi <i>Copper Slag</i>	52



DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Diagram Alir Penelitian	29
Gambar 5.1 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kepadatan	33
Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM	34
Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA.....	35
Gambar 5.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFWA	37
Gambar 5.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas	38
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Kelelehan.....	40
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan QM.....	41
Gambar 5.8 Hasil Kadar Aspal Optimum.....	42
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kadar <i>Copper Slag</i> dengan Kepadatan	46
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Variasi <i>Copper Slag</i> dengan VIM.....	47
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Variasi <i>Copper Slag</i> dengan VMA	48
Gambar 5.12 Grafik Hubungan Variasi <i>Copper Slag</i> dengan VFWA.....	49
Gambar 5.13 Grafik Hubungan Variasi <i>Copper Slag</i> dengan Stabilitas.....	50
Gambar 5.14 Grafik Hubungan Variasi <i>Copper Slag</i> dengan Kelelehan	51
Gambar 5.15 Grafik Hubungan Variasi <i>Copper Slag</i> dengan QM	52
Gambar 5.16 Hasil Kadar <i>Copper Slag</i> Optimum	53
Gambar 5.17 Perbandingan Kepadatan Tanpa dan Dengan <i>Copper Slag</i>	55
Gambar 5.18 Perbandingan VIM Tanpa dan Dengan <i>Copper Slag</i>	56
Gambar 5.19 Perbandingan VMA Tanpa dan Dengan <i>Copper Slag</i>	57
Gambar 5.20 Perbandingan VFWA Tanpa dan Dengan <i>Copper Slag</i>	58
Gambar 5.21 Perbandingan Stabilitas Tanpa dan Dengan <i>Copper Slag</i>	59

Gambar 5.22 Perbandingan Kelelehan Tanpa dan Dengan *Copper Slag* 60

Gambar 5.23 Perbandingan QM Tanpa dan Dengan *Copper Slag* 61



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengujian Aspal	64
Lampiran 2 Data Pengujian Agregat.....	65
Lampiran 3 Data Pengujian Agregat dan Keabsahan Data	66
Lampiran 4 Keabsahan Data	67
Lampiran 5 Surat Kabsahan Data	68
Lampiran 6 Persiapan Alat dan Bahan.....	69
Lampiran 7 Persiapan Agregat.....	70
Lampiran 8 Persiapan Agregat.....	71
Lampiran 9 Persiapan Agregat.....	72
Lampiran 10 Pembuatan Benda Uji	73
Lampiran 11 Benda Uji.....	74
Lampiran 12 Penimbangan Berat Benda Uji	75
Lampiran 13 Perendaman Benda Uji	76
Lampiran 14 Pengujian Pada Alat Marshall	77
Lampiran 15 Benda Uji Setelah Di Uji Menggunakan Alat Marshall	78

INTISARI

PENGARUH PENGGUNAAN *COPPER SLAG* SEBAGAI BAHAN SUBSTITUSI SEBAGIAN PADA AGREGAT HALUS PADA *ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE*, A. Rivaldo Andhika Wardhana, NPM 17 02 16978, Tahun 2021, Bidang Peminatan Transportasi, Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Atma Jaya Yogyakarta.

Permasalahan pada prasarana jalan di Indonesia, salah satunya disebabkan karena tingginya tingkat pertumbuhan masyarakat yang tidak sebanding dengan pertumbuhan prasarana transportasi yang ada sehingga menyebabkan penggunaan jalan menjadi *overload* yang mana mempengaruhi menurunnya kualitas lapis perkerasan jalan. Hal ini menuntut sebuah usaha dan inovasi dalam meningkatkan kualitas jalan. Dengan penggunaan *copper slag* dalam campuran aspal dapat digunakan untuk mengganti sebagian penggunaan agregat halus pada aspal beton AC-BC. *Copper slag* merupakan limbah industri tembaga. Mengacu pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *copper slag* sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus dalam menghasilkan kualitas aspal beton ditinjau dengan penilaian parameter *Marshall* yaitu kepadatan, VIM, VMA, VFA, stabilitas, kelelahan, dan QM.

Penelitian ini dilakukan dengan cara membuat variasi kadar aspal sebagai berikut: 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%. Setelah ditemukan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5,6% digunakan dalam variasi *copper slag* pada kadar sebagai berikut: 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Pada penelitian ini masing-masing benda uji dibuat sebanyak tiga benda uji, sehingga total benda uji yang dibuat sebanyak tiga puluh benda uji. Hasil analisis data yang didapatkan akan dibandingkan dengan persyaratan dan ketentuan pada Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018.

Dari penelitian ini pengaruh *copper slag* sebagai bahan substitusi sebagian agregat halus pada *asphalt concrete – binder course* ditinjau dari parameter *Marshall* pada nilai kepadatan dan VIM penggunaan *copper slag* meningkat seiring bertambahnya kadar *copper slag* dibandingkan tanpa penggunaan *copper slag*, sedangkan pada nilai VMA, VFA, stabilitas, kelelahan dan QM menurun seiring bertambahnya kadar *copper slag* dibandingkan tanpa penggunaan *copper slag*.

Kata kunci: AC-BC, *copper slag*, KAO, *Marshall Test*.