

**PEMANFAATAN *STEEL SLAG* SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN
BERASPAL LAPIS AUS (AC-BC)**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Bintang Miraj Ali

3334200030

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
CILEGON - BANTEN
2025**

LEMBAR PENGESAHAN

**PEMANFAATAN *STEEL SLAG* SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN
BERASPAL LAPIS AUS (AC-BC)**

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui Untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

Pembimbing I



Dr. Didied Haryono, S.T., M.T.
NIP. 196705302002121001

Pembimbing II



Bening Nurul H. K. S.T., M.T.
NIP. 199008292020122013

LEMBAR PERSETUJUAN

**PEMANFAATAN *STEEL SLAG* SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN
BERASPAL LAPIS AUS (AC-BC)**

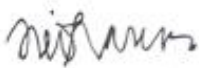
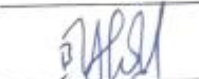
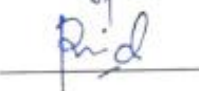
SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh

Bintang Miraj Ali

3334200030

Telah disidangkan di depan Dewan Penguji pada tanggal 06 Januari 2025

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I	: Dr. Didied Haryono, S.T., M.T.	
Penguji II	: Bening Nurul H. K. S.T., M.T.	
Penguji III	: Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



Abdul Aziz, S.T., M.T. Ph.D.

NIP. 198003072005011002

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pemanfaatan *Steel Slag* Sebagai Bahan Pengganti Agregat
Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-BC)

Nama : Bintang Miraj Ali

NIM : 3334200030

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Skripsi ini ialah benar hasil karya asli saya dan tidak memuat pernyataan pada skripsi hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan atau literatur yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 06 Februari 2025



Bintang Miraj Ali
NIM. 3334200030

ABSTRAK

Pemerintah menargetkan total 2.700 km jalan tol baru hingga akhir 2024. Saat ini, sudah tercapai 2.200 km jalan tol baru. Selain pembangunan jalan tol, pemerintah juga meningkatkan kondisi jalan nasional. Pembangunan jalan dalam kondisi baik telah bertambah hingga 6.000 km. Dari kondisi tersebut kebutuhan aspal untuk perkerasan jalan sebesar 1,2 juta ton/tahun dan kebutuhan agregat alam mencapai 20 juta ton/tahun. Penggunaan agregat alam yang cukup banyak menyebabkan dampak negatif terhadap lingkungan karena adanya penambangan agregat alam besar besaran yang menyebabkan longsor, banjir, dan masih banyak bencana alam lainnya. Maka dari itu perlu dilakukan penelitian untuk mencari pengganti agregat alam salah satunya adalah *steel slag*. Kandungan yang terdapat dalam komposisi *steel slag* seperti Fe_2O_3 , CaO , dan SiO_2 mampu memengaruhi kualitas perkerasan jalan. Fe_2O_3 meningkatkan ketahanan aus, CaO menambah stabilitas, dan SiO_2 meningkatkan ketahanan terhadap suhu tinggi dan air. Penelitian dilakukan dengan variasi jumlah *steel slag* 40%, 60%, 80%, 100% dan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai *void in mineral aggregate* (VMA) berada dalam rentang 16,21% hingga 18,62% lebih dari spesifikasi minimum 14%. Nilai *void in mixture* (VIM) berkisar antara 4,30% hingga 5,19%. Nilai *void filled with asphalt* (VFA) tertinggi tercapai pada kadar *steel slag* 100% dan kadar aspal 5,5%, dengan nilai 76,22%, melebihi spesifikasi minimum 65%. Stabilitas maksimum diperoleh pada kadar *steel slag* 80% dan kadar aspal 5,5%, dengan nilai 1333,01 kg, jauh melampaui spesifikasi minimum 800 kg. *Flow* berkisar antara 2,62 mm hingga 3,97 mm, memenuhi spesifikasi 2 mm hingga 4 mm untuk semua variasi. Nilai *marshall quotient* (MQ) tertinggi ditemukan pada kadar *steel slag* 80% dan kadar aspal 5,5%, dengan nilai 424,69 kg/mm, yang melampaui spesifikasi minimum 250 kg/mm. Berdasarkan hasil tersebut, kombinasi optimal untuk digunakan pada perkerasan jalan lapis aus adalah kadar *steel slag* 80% dengan kadar aspal 5,5%, karena memberikan stabilitas tinggi, *flow* yang sesuai, serta nilai MQ yang menunjukkan kinerja mekanik yang sangat baik. Berdasarkan hasil penelitian ini, *steel slag* terbukti dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat alam yang sangat baik dalam perkerasan jalan lapis aus (AC-BC).

Kata Kunci: Agregat, Aspal, Perkerasan Jalan, *Steel Slag*, *Marshall Quotient*

KATA PENGANTAR

Puja dan puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas rahmat yang melimpah dan kesehatan, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian tugas akhir yang berjudul “Pemanfaatan *Steel slag* Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-BC)”. Penyusunan tugas akhir ini dilaksanakan untuk memenuhi persyaratan kelulusan sebagai sarjana Teknik Metalurgi di Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA.
2. Ibu Andinnie Juniarsih, S.T., M.T. selaku Koordinator Skripsi Jurusan Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA
3. Bapak Dr. Didied Haryono, S.T., M.T. selaku pembimbing pertama yang membimbing penulis dalam penelitian hingga penyelesaian Skripsi ini
4. Ibu Bening Nurul Hidayah Kambuna, ST., MT. selaku pembimbing kedua yang membimbing penulis dalam penelitian hingga penyelesaian Skripsi ini
5. Ibu Dr. Ir. Amalia Sholehah, S.Si., M.Si. sebagai dosen pembimbing akademik yang selalu memberikan motivasi bimbingan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
6. Segala perjuangan saya hingga titik ini saya persembahkan pada dua orang paling berharga dalam hidup saya. Orangtua tercinta dan keluarga yang telah mendoakan, memberikan dukungan dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Rekan seperjuangan penulis dengan npm 3334200079 terima kasih telah menjadi salah satu penyemangat, pendengar keluh kesah dalam penulisan skripsi dan penasehat yang baik. Semoga selalu diberikan keberkahan dimanapun berada.

8. Keluarga Besar Teknik Metalurgi angkatan 2020 yang telah kebersamai penulis selama masa pendidikan.dan semua pihak yang turut membantu penulis dalam proses penyusunan Skripsi ini, meskipun tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa penelitian ini masih terdapat kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak diharapkan. Penulis berharap agar proposal tugas akhir ini bermanfaat, khususnya bagi penulis dan bagi pembaca pada umumnya. Atas perhatiannya, Penulis mengucapkan Terima Kasih.

Cilegon, Januari 2025



Bintang Miraj Ali

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PERNYATAAN	iv
ABSTRAK	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Ruang Lingkup.....	6
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Perkerasan Jalan	8
2.2 Lapis Aspal Beton (Laston).....	9
2.2.1 Lapis Aus AC-WC	10
2.2.2 Lapis Aus AC-BC	11
2.2.3 Lapis Aus AC-Base.....	11

2.3	Karakteristik Beton Aspal	12
2.4	Bahan Pembentuk Perkerasan Jalan	14
2.5	<i>Steel slag</i>	16
2.6	Aspal	19
2.7	Karakteristik Campuran Aspal Beton	20
	2.7.1 <i>Voids in Mineral Aggregate (VMA)</i>	20
	2.7.2 <i>Voids in Mineral (VIM)</i>	20
	2.7.3 <i>Voids Filled with Asphalt (VFA)</i>	21
2.8	Uji <i>Marshall</i>	21
	2.9.1 Stabilitas	22
	2.9.2 Kelelehan (<i>Flow</i>)	22
	2.9.3 <i>Marshall quotient</i>	23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	24
3.2	Alat dan Bahan	25
	3.2.1 Alat-alat yang Digunakan	25
	3.2.2 Bahan-bahan yang Digunakan	26
3.3	Prosedur Penelitian	26
	3.3.1 Pemeriksaan Aspal	26
	3.3.2 Pemeriksaan Agregat	27
	3.3.3 Perencanaan Gradasi	30
	3.3.4 Metode Pembuatan Benda Uji	31

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1	Hasil Karakterisasi Material	34
4.1.1	Berat Jenis Agregat	35
4.1.2	Keausan Agregat	39
4.1.3	Hasil Analisa XRF	41
4.1.4	Berat Jenis Aspal	42
4.1.5	Penetrasi Aspal	43
4.2	Hasil Karakteristik <i>Marshall</i>	45
4.2.1	Hasil Analisa VMA (<i>Void In Mineral Aggregate</i>)	47
4.2.2	Hasil Analisa VIM (<i>Void In Mixture</i>)	50
4.2.3	Hasil Analisa VFA (<i>Void Filled with Asphalt</i>)	53
4.2.4	Hasil Analisa Stabilitas	56
4.2.5	Hasil Analisa <i>Flow</i>	59
4.2.6	Hasil Analisa <i>Marshall quotient</i> (MQ)	63

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran	69

DAFTAR PUSTAKA	71
-----------------------------	----

LAMPIRAN A CONTOH PERHITUNGAN	74
--	----

LAMPIRAN B BLANKO PENGUJIAN	77
--	----

LAMPIRAN C GAMBAR ALAT DAN BAHAN	96
---	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Komposisi <i>Steel slag</i>	18
Tabel 3.1 Standar Pengujian Karakteristik Aspal	27
Tabel 3.2 Standar Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	27
Tabel 3.3 Standar Pengujian Karakteristik Agregat Halus	29
Tabel 3.4 Standar Pengujian Karakteristik <i>Steel slag</i>	29
Tabel 3.5 Perencanaan Gradasi	30
Tabel 4.1 Berat Jenis Agregat Kasar dan Penyerapan Air	36
Tabel 4.2 Berat Jenis Agregat Halus dan Penyerapan Air	37
Tabel 4.3 Berat Jenis Agregat Halus dan Penyerapan Air <i>Steel slag</i>	38
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Keausan Agregat Alam	40
Tabel 4.5 Hasil Pengujian XRF Pada <i>Steel Slag</i>	41
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal	44
Tabel 4.7 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal	44
Tabel 4.8 Rekapitulasi Hasil Karakteristik <i>Marshall</i>	46
Tabel B.1 Berat Jenis Agregat Kasar	78
Tabel B.2 Berat Jenis Agregat Halus	79
Tabel B.3 Berat Jenis Agregat Halus <i>Steel slag</i>	80
Tabel B.4 <i>Los Angeles Abrasion</i>	81
Tabel B.5 Penetrasi Aspal	82

Tabel B.6 Berat Jenis Aspal	83
Tabel B.7 Campuran 40% Aspal 5%	84
Tabel B.8 Campuran 40% Aspal 5,5%	85
Tabel B.9 Campuran 40% Aspal 6%	86
Tabel B.10 Campuran 60% Aspal 5%	87
Tabel B.11 Campuran 60% Aspal 5,5%	88
Tabel B.12 Campuran 60% Aspal 6%	89
Tabel B.13 Campuran 80% Aspal 5%	90
Tabel B.14 Campuran 80% Aspal 5,5%	91
Tabel B.15 Campuran 80% Aspal 6%	92
Tabel B.16 Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Aspal <i>Steel slag</i> 40%	93
Tabel B.17 Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Aspal <i>Steel slag</i> 60%	94
Tabel B.18 Pengujian <i>Marshall</i> Campuran Aspal <i>Steel slag</i> 80%	95

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Lapisan Perkerasan Jalan Lentur	10
Gambar 2.2 Proses Produksi <i>Slag Basic Oxygen Furnace</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	25
Gambar 4.1 Pengujian Keausan Agregat Alam dengan Mesin LAA	39
Gambar 4.2 Pengujian Penetrasi Aspal	43
Gambar 4.3 Pengaruh Kadar Aspal terhadap VMA	48
Gambar 4.4 Pengaruh Kadar <i>Steel slag</i> terhadap VMA	49
Gambar 4.5 Pengaruh Kadar Aspal terhadap VIM	50
Gambar 4.6 Pengaruh Kadar <i>Steel slag</i> terhadap VIM	51
Gambar 4.7 Pengaruh Kadar Aspal terhadap VFA	53
Gambar 4.8 Pengaruh Kadar <i>Steel slag</i> terhadap VFA	54
Gambar 4.9 Pengaruh Kadar Aspal terhadap Stabilitas	56
Gambar 4.10 Pengaruh Kadar <i>Steel slag</i> terhadap Stabilitas	57
Gambar 4.11 Alat Uji <i>Marshall</i>	59
Gambar 4.12 Pengaruh Kadar Aspal terhadap <i>Flow</i>	60
Gambar 4.13 Pengaruh Kadar <i>Steel slag</i> terhadap <i>Flow</i>	61
Gambar 4.14 Pengaruh Kadar Aspal terhadap <i>Marshall Quotient</i>	63
Gambar 4.15 Pengaruh Kadar <i>Steel slag</i> terhadap <i>Marshall Quotient</i>	65
Gambar C.1 Agregat Halus	97

Gambar C.2 Agregat Kasar	97
Gambar C.3 Alat Masak Campuran	97
Gambar C.4 Alat Penumbuk	97
Gambar C.5 Alat Uji Aspal	97
Gambar C.6 Alat Uji Marshall	97
Gambar C.7 Aspal	97
Gambar C.8 <i>Picknometer</i>	97
Gambar C.9 <i>Quarry</i>	98
Gambar C.10 Sampel Benda Uji	98
Gambar C.11 <i>Sieve Shaker</i>	98
Gambar C.12 <i>Siever</i>	98
Gambar C.13 Termometer	98
Gambar C.14 Timbangan	98
Gambar C.15 <i>Waterbath</i>	98

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam dekade terakhir, pemerintah Indonesia telah melakukan pembangunan infrastruktur yang masif, terutama dalam hal pembangunan jalan tol. Hingga akhir 2024, pemerintah menargetkan total 2.700 km jalan tol baru yang fungsional, dengan saat ini telah mencapai 2.200 km. Selain itu, pembangunan jalan nasional dalam kondisi baik juga telah bertambah hingga 6.000 km, mencakup wilayah-wilayah perbatasan seperti Papua, Kalimantan, dan NTT [1]. Pembangunan infrastruktur jalan yang begitu masif tentunya membutuhkan dukungan dari berbagai aspek, termasuk sumber daya manusia dan kebutuhan material. Salah satu material yang sangat penting adalah aspal dan agregat alam, yang digunakan sebagai penyusun utama perkerasan jalan. Kebutuhan aspal minyak untuk perkerasan jalan di Indonesia sendiri mencapai sekitar 1,2 juta ton per tahun, sementara kebutuhan agregat alam mencapai 20 juta ton per tahun [2]. Investasi yang besar dalam pembangunan infrastruktur jalan ini diharapkan dapat meningkatkan konektivitas dan aksesibilitas di seluruh wilayah Indonesia, sehingga dapat mendorong pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat.

Di sisi lain, pembuatan perkerasan jalan yang semakin meningkat juga akan memberikan dampak buruk pada lingkungan. Kebutuhan agregat alam yang sangat banyak dalam campuran aspal akan menyebabkan penambangan besar-besaran

yang dapat mengakibatkan degradasi ekosistem, erosi tanah, dan kerusakan lingkungan secara keseluruhan. Akibat dari aktivitas penambangan pasir yang dilakukan juga oleh sebagian masyarakat lokal tersebut menyebabkan tanah di sepanjang pinggiran sungai menjadi longsor, terjadinya erosi di sepanjang sungai, dan adanya galian dapat memicu terjadinya pelebaran sungai. Jalan-jalan menjadi rusak akibat truk-truk yang bermuatan berat mengangkut pasir. Selain itu dampak sosial dan dampak lain yang secara tidak langsung ditimbulkan akibat dari aktivitas penambangan pasir tersebut. Dengan semakin memprihatinkannya masalah lingkungan tersebut, mencari alternatif pengganti agregat alam yang ramah lingkungan adalah sebuah kewajiban untuk menghindari kerusakan alam yang terus berlangsung.

Agregat atau batu adalah material berbutir yang keras. Agregat mencakup antara lain batu bulat, batu pecah, abu batu, dan pasir [3]. Agregat mempunyai berbagai peranan yang sangat penting dalam perkerasan jalan, karena agregat merupakan komponen utama dari lapis perkerasan jalan. Agregat alam adalah agregat yang digunakan dalam bentuk alamiahnya dengan sedikit atau tanpa pemrosesan sama sekali. Dua jenis utama dari agregat alam yang digunakan untuk perkerasan jalan adalah pasir dan kerikil. Pada campuran beraspal, agregat memberikan kontribusi sampai 90-95% terhadap berat campuran, sehingga sifat-sifat agregat merupakan salah satu faktor penentu dari kinerja campuran tersebut. Terdapat dua sifat utama yang penting untuk dimiliki oleh agregat yaitu kekerasan dan daya serap. Agregat alam memiliki nilai kekerasan yang tinggi dan daya serap yang rendah, oleh karena itu substitusi agregat alam dengan *steel slag* dapat dilakukan.

Untuk mengatasi masalah lingkungan global dan sebagai upaya mencari alternatif yang ramah lingkungan dalam perkerasan jalan, penggunaan *steel slag* menjadi salah satu solusi yang dapat digunakan. *Steel slag*, atau sering disebut dengan *slag*, adalah hasil samping dari industri baja yang dihasilkan dari peleburan bijih besi. Keberadaannya sebagai produk sampingan dari industri baja membuat *steel slag* menjadi pilihan yang berpotensi untuk menggantikan agregat alam dalam pembuatan perkerasan jalan, khususnya dalam campuran beraspal lapis aus (AC-BC). Pemanfaatan *steel slag* umumnya masih sedikit digunakan, karena sebelumnya *steel slag* merupakan limbah B3 hingga pada akhirnya dalam lampiran XIV Peraturan Pemerintah (PP) No 22 tahun 2021, pemerintah menetapkan beberapa jenis limbah industri besi dan baja yang semula masuk dalam kategori Limbah B3 menjadi Limbah Non-B3 Terdaftar yaitu slag besi/baja (N101).

Steel slag sudah banyak digunakan pada negara eropa sebagai bahan untuk pembangunan jalan, capuran semen dan beton, dan kebutuhan metalurgi lainnya [4]. Pemilihan *steel slag* dibandingkan dengan *iron slag* pada bahan perkerasan jalan adalah sifat mekanik dari *steel slag* yang lebih unggul dibandingkan dengan *iron slag*. *Steel slag* memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan *iron slag*. Hal ini dikarenakan *steel slag* memiliki kandungan silika dan alumina yang lebih tinggi, sehingga memiliki daya lekat yang lebih kuat. *Steel slag* juga memiliki ketahanan aus yang lebih baik dibandingkan dengan *iron slag*. Hal ini dikarenakan *steel slag* memiliki bentuk yang lebih tidak beraturan dan tekstur yang lebih kasar, sehingga lebih sulit untuk tergerus oleh roda kendaraan. *Steel slag* yang digunakan pada penelitian ini adalah *steel slag* hasil *basic oxygen furnace*. *Steel slag* BOF lebih kuat daripada *steel slag* EAF. Hal ini disebabkan oleh komposisi kimia dan

struktur slag yang berbeda. *Steel slag* BOF mengandung lebih banyak besi (Fe) dan silikon (Si) daripada *steel slag* EAF. Besi dan silikon adalah logam yang kuat dan keras, sehingga meningkatkan kekuatan slag. Selain itu, *steel slag* BOF juga memiliki struktur yang lebih homogen daripada slag baja EAF. Homogenitas struktur slag meningkatkan kekuatan slag karena mengurangi kemungkinan terjadinya retakan.

Konsumsi baja nasional pada tahun 2024 diperkirakan akan mencapai 18,3 juta ton. Maka *steel slag* yang dihasilkan diperkirakan mencapai 1,8 - 2,7 juta ton/tahun [5]. Dari sekian banyaknya jumlah *steel slag* yang ada hal tersebut berbanding terbalik dengan jumlah pemanfaatannya yang masih belum digunakan secara maksimal. Dari kedua kondisi tersebut, material agregat alam yang semakin menipis dan semakin banyaknya jumlah *steel slag*, maka dapat dilakukan pemanfaatan *steel slag* sebagai pengganti agregat alam dalam campuran aspal pada perkerasan jalan. Pemanfaatan *steel slag* memiliki potensi untuk mengurangi ketergantungan pada agregat alam.. Terdapat penelitian juga yang menjelaskan *steel slag* mempunyai kekerasan yang tinggi dan apabila dikombinasikan dengan permukaan yang kasar menyebabkan batuan ini memberikan keuntungan jika digunakan sebagai pecahan yang difungsikan sebagai pengganti sebagian agregat alam [6].

Penelitian terbaru penggunaan *steel slag* sebagai bahan campuran aspal sudah mulai beragam dan berkembang seperti penambahan komposit dan bahan *filler* lainnya. Namun, penelitian yang memfokuskan pada komposisi aspal dan jumlah kadar aspal yang digunakan masih minim. Terdapat penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa kadar aspal optimum sebesar 6% [7] namun penelitian tersebut

terbatas hanya pada penggunaan jumlah *steel slag* sebanyak 50% pada campuran aspal. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh karakteristik dari *steel slag* yang digunakan sebagai pengganti agregat alam, serta mengetahui pengaruh variasi jumlah *steel slag* sebanyak 40%, 60%, 80%, dan 100% dan variasi kadar aspal yang digunakan sebanyak 5%, 5,5% dan 6% terhadap karakteristik *marshall* yang. Jika penggunaan agregat alam terus berlanjut tanpa adanya solusi yang berkelanjutan, maka degradasi lingkungan akan semakin tak terkendali. Penambangan yang besar-besaran akan mengancam ekosistem, mempercepat erosi, dan merusak tanah serta habitat alami. Jalan yang dibangun dengan mengorbankan alam pada akhirnya hanya akan meninggalkan jejak kerusakan yang lebih besar. Oleh karena itu, penelitian ini sangat penting dilakukan untuk beralih ke alternatif pembuatan perkerasan jalan yang lebih ramah lingkungan dengan menggunakan *steel slag*.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, identifikasi masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh komposisi slag terhadap perkerasan jalan sebagai pengganti agregat dalam campuran aspal. Selain itu, penelitian ini juga akan menganalisis pengaruh variasi kadar steel slag sebesar 40%, 60%, 80%, dan 100% terhadap karakteristik Marshall pada campuran aspal lapis aus (AC-BC). Selanjutnya, akan diteliti bagaimana variasi kadar aspal sebesar 5%, 5,5%, dan 6% memengaruhi karakteristik Marshall pada campuran aspal lapis aus (AC-BC). Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pemanfaatan slag sebagai material alternatif yang dapat meningkatkan kualitas perkerasan jalan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, maka didapatkan tujuan dari penelitian ini ialah sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui pengaruh komposisi *slag* yang terhadap perkerasan jalan sebagai pengganti agregat dalam campuran aspal
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi kadar *steel slag* 40%, 60%, 80%, 100 % terhadap karakteristik *marshall* pada campuran aspal lapis aus (AC-BC)
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6% terhadap karakteristik *marshall* pada campuran aspal lapis aus (AC-BC)

1.4 Ruang Lingkup

Adapun ruang lingkup dari penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1. Standar pengujian karakteristik material agregat dan aspal yang digunakan adalah Spesifikasi Umum Campuran Beraspal Panas (Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2018 revisi 2) dan Standar Nasional Indonesia.
2. Jenis campuran beraspal yang digunakan adalah campuran beton beraspal lapis aus (AC-BC).
3. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
4. Bahan pengganti agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *steel slag* dari salah satu Perusahaan baja di cilegon.
5. Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Metalurgi dan Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

6. Pengujian yang dilakukan adalah *Marshall* Test.
7. Campuran aspal yang digunakan yaitu campuran aspal panas *Asphalt Concrete – Binder Coarse* (AC-BC). Mengacu pada Spesifikasi Umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2018.

.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Indonesia.go.id, “10 Tahun Pembangunan Infrastruktur: Terikat Nusantara, Menggerakkan Ekonomi,” 2024. [Online]. Available: <https://indonesia.go.id/kategori/editorial/8648/10-tahun-pembangunan-infrastruktur-menghubungkan-nusantara-menggerakkan-ekonomi?lang=1>
- [2] K. PUPR, “Kementerian PUPR Targetkan Tingkat Kemantapan Jalan Nasional Tahun 2023 Mencapai 93,57%,” 2023. [Online]. Available: <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr-targetkan-tingkat-kemantapan-jalan-nasional-tahun-2023-mencapai-9357>
- [3] M. A. P. Munandar and N. Minson Simatupang, “Karakteristik Batu Pecah Ex. Moramo dan Pasir Nambo Sebagai Bahan Campur Cement Treated Base (CTB) Pada Konstruksi Jalan,” 2018.
- [4] M. Pasetto, A. Baliello, G. Giacomello, and E. Pasquini, “The Use of Steel Slags in Asphalt Pavements: A State-of-the-Art Review,” *Sustainability*, vol. 15, no. 11, p. 8817, 2023.
- [5] Media, 4 Visi. “Proyeksi Kinerja Baja Nasional 2024.” <https://iisia.or.id>, iisia.or.id/news/proyeksi-kinerja-baja-nasional-2024.
- [6] A. Rahmawati, “Pengaruh Penggunaan Limbah Steel Slag Sebagai Pengganti Agregat Kasar Ukuran 1/2” dan 3/8” pada Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC),” *Dinamika Rekayasa*, vol. 13, no. 1, pp. 10–17, 2017.
- [7] M. C. A. Theresia and A. Winaya, “Pengaruh Pemanfaatan Limbah Slag Baja dan Kerikil Madura Sebagai Pengganti Batu Pecah Untuk Perkerasan Aspal Beton,” in *Seminar Nasional Ilmu Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. A05–1, 2018.
- [8] H. Prasetyo, Y. C. S. Poernomo, and A. I. Candra, “Studi Perencanaan Perkerasan Lentur dan Rencana Anggaran Biaya (Pada Proyek Ruas Jalan Karangtalun–Kalidawir Kabupaten Tulungagung),” *J. Manaj. Teknol. Tek. Sipil*, vol. 3, no. 2, pp. 347–361, 2020.
- [9] S. P. Salim, B. Hidayat, N. Sari, S. W. Praja, and S. Kusnendi, “Pengaruh Beban Lalu Lintas Terhadap Umur Perkerasan Jalan Rigid,” *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, vol. 9, no. 1, pp. 41–53, 2018.

- [10] Z. I. Y. Bramantio and N. Hartatik, "Perbedaan Karakteristik Marshall Campuran AC-BC Bergradasi Halus Dengan Campuran AC-BC Bergradasi Kasar," *Jurnal Taguchi: Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 3, no. 1, pp. 561–581, 2023.
- [11] D. Bakarbessy and Y. Y. Pattireuw, "Pemanfaatan Abu Bata Merah Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran Aspal Beton (Laston)," *Jurnal PORTAL SIPIL*, vol. 8, no. 1, pp. 72–85, 2019.
- [12] S. Sukirman, *Beton Aspal Campuran Panas*, Bandung: Institut Teknologi Nasional, 2016.
- [13] S. Sukirman, *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Bandung: Institut Teknologi Nasional, 2010.
- [14] S. A. A. Tae, Studi Penelitian Campuran Aspal Jenis Hrs–Base Dengan Menggunakan Agregat Lokal Berdasarkan Karakteristik Marshall (*Quary Sungai Talau Kab. Belu Ntt*) (*Doctoral dissertation*, ITN MALANG). 2024.
- [15] H. Saodang. *Konstruksi Jalan Raya*. Nova.Bandung, 2005.
- [16] K. F. Banurea, "Pemanfaatan Limbah Baja (Slag Baja) Sebagai Bahan Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Marshall," M.S. thesis, Universitas Medan Area, 2020.
- [17] D. Asmawan, Analisis Pemanfaatan Limbah Timah (Tin Slag) Sebagai Bahan Campuran Aspal Ac-Wc Pada Perkerasan Jalan (*Doctoral dissertation*, Universitas Islam Lamongan), 2021.
- [18] F. Al-Amri, Studi Perbandingan Penggunaan Aspal Minyak Dengan Aspal Buton Lawele Pada Campuran Aspal Concrete Base Course (Ac-Bc) Menggunakan Metode Marshall Test. *Radial*, 4(2), 181-190, 2013.
- [19] A. Rahmawati, & R. Rizana, Pengaruh Penggunaan Limbah Plastik Polipropilena Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran Laston Terhadap Karakteristik Marshall (105M). *Konferensi Nasional Teknik Sipil ke-7, Universitas Sebelas Maret, Surakarta*, 2013.
- [20] E. D. Setiawan and A. N. Rahmawati, "Penentuan Karakteristik Aspal Porus Menggunakan Agregat Kasar Batu Pecah Parengan Tuban Dengan Metode Uji Marshall," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 7, no. 2, pp. 34–46, 2022.
- [21] V. C. Pangemanan, O. H. Kaseke, and M. R. Manoppo, "Pengaruh Suhu dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelehan (Flow)," *Jurnal Sipil Statik*, vol. 3, no. 2, pp. 1–12, 2015.

- [22] T. Hidayat, *Analisis hasil nilai viskositas dengan metode pencampuran kerosin pada aspal murni penetrasi 60/70 dengan menggunakan saybolt furol* (Doctoral dissertation, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim), 2021.
- [23] I. Sulianti, "Studi Pemanfaatan Limbah Beton Mutu Tinggi Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)," *Cantilever: Jurnal Penelitian dan Kajian Bidang Teknik Sipil*, vol. 9, no. 1, pp. 7–14, 2020.
- [24] M. Kasaf, "Penggunaan Slag Steel Sebagai Pengganti Agregat Alam Pada Campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC) Pada Perkerasan Lentur," M.S. thesis, Dept. Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan Dan Kebumihan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, 2020.
- [25] A. G. Hayati, "Pengaruh Penggunaan Steel Slag (Limbah Baja) Sebagai Pengganti Agregat Tertahan Saringan 1/2" dan 3/8" Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran AC-WC1," S1 Thesis, Dept. Civil Eng., Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2017.
- [26] A. Rianto, A. Rahmawati, and E. Adly, "Pengaruh Penggunaan Limbah Steel Slag Sebagai Pengganti Agregat Kasar 3/8" Pada Campuran HRS-WC Terhadap Karakteristik Marshall," Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, 2018.
- [27] M. Anwar, "Pengaruh Ukuran Partikel dan Waktu Steam Aging Terhadap Kandungan f-CaO pada Steel Slag," M.S. Skripsi, Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2024.
- [28] L. Zhao, Y. Li, L. Zhang, and D. Cang, "Effects of CaO and Fe₂O₃ on the Microstructure and Mechanical Properties of SiO₂-CaO-MgO-Fe₂O₃ Ceramics from Steel Slag," *Isij International*, vol. 57, no. 1, pp. 15–22, 2017.
- [29] P. Risdanareni, B. S. Umniati, and F. Z. Zein, "Workability Enhancement of Geopolymer Concrete Through the Use of Retarder," *Green Construction and Engineering Education for Sustainable Future AIP Conf.*, vol. 1887, pp. 1–9, 2017.
- [30] Y. Ye, S. Wu, C. Li, D. Kong, and B. Shu, "Morphological Discrepancy of Various Basic Oxygen Furnace Steel Slags and Road Performance of Corresponding Asphalt Mixtures," *Materials*, vol. 12, no. 14, p. 2322, 2019