

**PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL
LAPIS AUS (AC-WC)**

SKRIPSI

Disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T)

Muhamad Auŕi Zaiyna Fajr Thariq, S.T.



Disusun Oleh :

Muhamad Auŕi Zaiyna Fajr Thariq

3336190041

JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

2023

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut :

Judul : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (Ac-Wc)
Nama : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi tersebut adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan 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, 23 Juni 2023



Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NIM. 3336190041

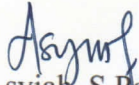
SKRIPSI


PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPIS AUS (AC-WC)

Dipersiapkan dan disusun oleh :
Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq / 3336190041
Telah dipertahankan di depan dewan penguji
Pada Tanggal : 13 Juli 2023

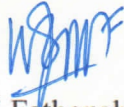
Susunan Dewan Penguji


Dosen Penguji I


Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP. 198601312019032009
Dosen Pembimbing 1


Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

Dosen Penguji II


Woelandari Fathonah, S.T., M.T.
NIP. 199012292019032021
Dosen Pembimbing 2


Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
NIP. 198601242014042001

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Tanggal : 13 Juli 2023

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Sipil



Dr. Subekti, ST., M.T
NIP 197506122008011020

PRAKATA

Puji syukur dipanjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Skripsi ini diajukan untuk memenuhi salah satu persyaratan memperoleh derajat kesarjanaan Strata-1 pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua yang selalu memberikan do'a, dukungan, motivasi, dan bantuan yang telah diberikan kepada penyusun.
2. Bapak Dr. Subekti, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.
3. Ibu Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc. selaku Sekretaris Jurusan, dan Pembimbing II yang telah membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Ibu Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T. selaku Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, bantuan, dan arahan selama menyusun skripsi ini.
5. Ibu Siti Asyiah, S.Pd., M.T. selaku Koordinator Tugas Akhir dan Penguji I yang telah memberikan saran, masukan, dan arahan kepada penyusun sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Ibu Woelandari Fathonah, S.T., M.T. selaku Penguji II yang telah memberikan saran dan masukan sehingga skripsi ini berjalan dengan baik dan lancar.
7. Putri Ainun Tasya yang selalu mendukung saya dalam pengerjaan tugas akhir ini.
8. Tim MBKM Riset Penelitian yang telah memberi masukan dan bantuan kepada penyusun.
9. Teman-teman BRATAS 2019 dan ROFTEN 2020 yang turut memberikan dukungan dan bantuan kepada penyusun.

Akhir kata semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa pada umumnya dan penyusun pada khususnya.

Cilegon, 23 Juni 2023

Penyusun

PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPIS AUS (AC-WC)

Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq

INTISARI

Pekembangan infrastruktur jalan di Indonesia sedang berkembang pesat. Di tahun 2022 Kementerian menargetkan pembangunan jalan nasional baru sepanjang 354 km dan jembatan sepanjang 20188 m (PUPR, 2022). Semakin banyaknya pembangunan infrastruktur jalan, maka material yang dibutuhkan semakin banyak. Pemanfaatan limbah terak nikel menjadi alternatif bahan pengganti agregat dalam guna mengurangi pengambilan agregat alam yang berlebih, yang akan menyebabkan erosi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh penggunaan terak nikel sebagai bahan pengganti agregat dengan kadar terak nikel 0%; 20% dan 60% terhadap karakteristik *Marshall* pada lapis aus (AC-WC).

Hasil yang didapatkan dari penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan terak nikel sebagai pengganti agregat alam memenuhi kriteria yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga. Berdasarkan hasil penelitian, campuran yang dianggap ideal adalah campuran yang memenuhi syarat Bina Marga dan memiliki nilai stabilitas yang tinggi. Pada kadar terak nikel 60% didapat stabilitas sebesar 1077,38 kg dan memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan oleh Bina Marga 2018. Maka dapat ditarik kesimpulan bahwa substitusi terak nikel sebanyak 60% menjadi kadar yang ideal untuk menjadi campuran beraspal pada lapis aus (AC-WC).

Kata kunci : Terak Nikel, *Marshall*, Aspal

**UTILIZATION OF NICKEL SLAG AS AGGREGATE
SUBSTITUTE MATERIAL IN ASPHALT MIXTURE
WEARING COURSE (AC-WC)**

Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq

ABSTRACT

Road infrastructure development in Indonesia is growing rapidly. In 2022, the ministry having target to build 354 km long of new national road and 20188 m long of bridge (PUPR, 2022). The more infrastructure development, the material needed to support the development. The purpose of utilization of nickel slag as aggregate substitute material is to make natural aggregate less needed and it can prevent from erosion.

The objective of this research is to knowing the effect of using nickel slag as aggregate substitute material with usage of 0%; 20% and 60% nickel slag to Marshall characteristics in asphalt mixture wearing course (AC-WC).

The result of this research is showing that using nickel slag as aggregate substitutes material is qualify to Bina Marga standard. The ideal mixture is a mixture that qualified to Bina Marga standard and has a great stability. The result shown that ideal mixture is 60% usage of nickel slag. This is due the stability of that mixture reach to 1077,38 kg and the mixture is qualified to all Bina Marga standard. According to that result, the conclusion is 60% usage of nickel slag is the ideal asphalt mixture of wearing course (AC-WC)

Keywords : Nickel Slag, Marshall, Asphalt

s

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
INTISARI	v
<i>ABSTRACT</i>	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTA GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Batasan Masalah	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
1.6 Keaslian Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks ..	6
2.2 Uji <i>Marshall</i> Pada Campuran AC-WC dengan Subtitusi <i>Filler</i>	6

2.3 Penggunaan Limbah <i>Slag</i> Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan	7
2.4 Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Perkerasan Laston AC-BC	8
2.5 <i>Experimental Study of Steel Slag Used as Aggregate in Asphalt Mixture</i>	9
BAB 3 LANDASAN TEORI	
3.1 Perkerasan Jalan	13
3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan	13
3.2.1 Perkerasan Lentur (<i>flexible pavement</i>)	13
3.2.2 Perkerasan Kaku (<i>rigid pavement</i>)	14
3.3 Lapis Aspal Beton (Laston)	15
3.4 Bahan Pembentuk Perkerasan Jalan (Laston)	16
3.4.1 Agregat	16
3.4.2 Aspal	16
3.4.3 <i>Filler</i>	17
3.5 Gradasi Agregat	17
3.5.1 Gradasi Seragam	17
3.5.2 Gradasi Rapat	17
3.5.3 Gradasi Buruk	18
3.6 Terak Nikel	18
3.7 Kadar Aspal Rencana (Pb)	18
3.8 Karakteristik Campuran Aspal Beton	19

3.8.1 Rongga dalam Agregat (VMA)	20
3.8.2 Rongga dalam Campuran (VIM)	20
3.8.3 Rongga Terisi Aspal	20
3.9 <i>Marshall Test</i>	20
3.9.1 Stabilitas	20
3.9.2 Kelelehan (<i>flow</i>)	21
3.9.3 <i>Marshall Quotient</i>	21
BAB 4 METODOLOGI PENELITIAN	22
4.1 Umum	22
4.2 Persiapan Alat dan Bahan	22
4.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian	23
4.3.1 Persiapan	23
4.3.2 Pemeriksaan Aspal	23
4.3.3 Pemeriksaan Agregat	24
4.3.4 Perencanaan Gradasi	26
4.3.5 Kadar Aspal Perkiraan	28
4.3.6 Metode Pembuatan Benda Uji	28
4.3.6.1 Perencanaan Campuran	28
4.3.6.2 Proses Pencampuran Benda Uji	28
4.3.6.3 Uji <i>Marshall</i>	29
4.3.6.4 Analisa Data dan Penentuan KAO	29
4.3.7 Pembahasan dan Analisis Hasil	29
4.4 Diagram Alir	30

4.5 Jadwal Penelitian.....	31
BAB 5 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	32
5.1 Analisa Pengujian Karakteristik Material	32
5.1.1 Analisa Karakteristik Agregat.....	32
5.1.2 Analisa Karakteristik Aspal	40
5.2 Perencanaan Campuran Aspal Beton	48
5.3 Analisa Karakteristik Campuran Beraspal	52
5.3.1 Analisa VMA (<i>Void in Mineral Aggragate</i>).....	54
5.3.2 Analisa VIM (<i>Void in Mixture</i>).....	56
5.3.3 Analisa VFA (<i>Void Filled with Asphalt</i>).....	57
5.3.4 Stabilitas.....	59
5.3.5 Flow	60
5.3.6 Analisa MQ (<i>Marshall Qoutient</i>).....	61
5.4 Pengujian Karakteristik Campuran Beraspal dengan Terak Nikel Pada Kondisi KAO.....	63
5.4.1 Hasil Pengujian <i>Marshall</i>	63
5.4.2 <i>Marshall</i> Sisa	65
5.5 Proporsi Optimum.....	66
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	68
6.1 Kesimpulan	68
6.2 Saran.....	69

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Bagan Keterkaitan Penelitian	12
Gambar 3.1 Lapisan Pada Perkerasana Lentur (<i>flexible pavement</i>).....	14
Gambar 3.2 Lapisan Pada Perkerasana Kaku (<i>rigid pavement</i>)	14
Gambar 3.3 Lapisan AC.....	15
Gambar 3.4 Terak Nikel	18
Gambar 3.5 Skematis Berbagai Jenis Rongga Beton Aspal Padat.....	20
Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat	27
Gambar 4.2 Diagram Alir Penyusunan Skripsi.....	30
Gambar 4.3 Jadwal Penelitian Skripsi	31
Gambar 5.1 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Alam	33
Gambar 5.2 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Terak Nikel.....	34
Gambar 5.3 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Alam	35
Gambar 5.4 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Terak Nikel.....	36
Gambar 5.5 Pengujian Keausan Dengan Menggunakan Mesin LAA Agregat Alam	37
Gambar 5.6 Pengujian Keausan Dengan Menggunakan Mesin LAA Agregat Terak Nikel	39
Gambar 5.7 Pengujian Penetrasi Aspal.....	41
Gambar 5.8 Pengujian Kehilangan Berat.....	42
Gambar 5.9 Pengujian Berat Jenis Aspal.....	43
Gambar 5.10 Pengujian Titik Lembek	44
Gambar 5.11 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	45

Gambar 5.12 Pengujian Daktilitas Aspal	46
Gambar 5.13 Grafik Viskositas Aspal	47
Gambar 5.14 Pengujian Viskositas	47
Gambar 5.15 Skematis Berbagai Jenis Rongga Beton Aspal Padat.....	53
Gambar 5.16 Grafiks Perbandingan Kadar Aspal vs VMA.....	55
Gambar 5.17 Grafiks Perbandingan Kadar Aspal vs VIM	56
Gambar 5.18 Grafiks Perbandingan Kadar Aspal vs VFA	58
Gambar 5.19 Grafiks Perbandingan Kadar Aspal vs Stabilitas	59
Gambar 5.20 Grafiks Perbandingan Kadar Aspal vs Flow	60
Gambar 5.21 Grafiks Perbandingan Kadar Aspal vs MQ.....	61
Gambar 5.22 Pengujian <i>Marshall</i>	65
Gambar 5.23 Pengujian <i>Marshall</i> Sisa.....	66

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Hasil Uji TCLP Terak Nikel	2
Tabel 4.1 Standar Pengujian Karakteristik Aspal	24
Tabel 4.2 Standar Pengujian Karakteristik Agregat Kasar	25
Tabel 4.3 Standar Pengujian Karakteristik Agregat Halus	26
Tabel 4.4 Analisa Saringan	27
Tabel 4.5 Jumlah Benda Uji	28
Tabel 5.1 Berat Jenis Agregat Kasar Alam	33
Tabel 5.2 Berat Jenis Agregat Kasar Terak Nikel	34
Tabel 5.3 Berat Jenis Agregat Alam Halus	35
Tabel 5.4 Berat Jenis Agregat Terak Nikel Halus	36
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Keausan dengan Mesin LAA (Agregat Alam)	37
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Keausan dengan Mesin LAA (Terak Nikel)	38
Tabel 5.7 Hasil Uji TCLP Terak Nikel	40
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal	41
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Aspal	42
Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal	43
Tabel 5.11 Hasil Pengujian Titik Lembek	44
Tabel 5.12 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar	44
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal	45
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Viskositas Aspal	46
Tabel 5.15 Nilai Tengah Gradasi	48
Tabel 5.16 Presentase Tertahan Gabungan	49

Tabel 5.17 Berat Agregat Setiap Saringan	50
Tabel 5.18 Volume Agregat	50
Tabel 5.19 Berat Terak Nikel	51
Tabel 5.20 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Agregat	52
Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian	53
Tabel 5.22 Tabel Penentuan KAO Campuran Beraspal Dengan Terak Nikel 0%	62
Tabel 5.23 Tabel Penentuan KAO Campuran Beraspal Dengan Terak Nikel 20%	62
Tabel 5.24 Tabel Penentuan KAO Campuran Beraspal Dengan Terak Nikel 60%	63
Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Kondisi KAO	63
Tabel 5.26 Rekapitulasi Pengujian <i>Marshall</i> sisa	66
Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Campuran dengan Kadar Terak Nikel 60%	67

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Berkas Administrasi

Lampiran 2 Data Hasil Pengujian Laboratorium

Lampiran 3 Hasil Pengujian Marshall

Lampiran 4 Dokumentasi

DAFTAR ISTILAH

Lambang/Singkatan	Arti/Keterangan
AC-WC	<i>Asphalt Concrete – Wearing Concrete</i>
KAO	Kadar Aspal Optimum
SNI	Standar Nasional Indonesia
LAA	<i>Los Angeles Abrasion</i>
TCLP	<i>Toxic Characteristics Leaching Procedure</i>

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pekembangan infrastruktur jalan di Indonesia sedang berkembang pesat. Di tahun 2022 Kementerian menargetkan pembangunan jalan nasional baru sepanjang 354 km dan jembatan sepanjang 20188 m (PUPR, 2022). Jalan nasional yang akan dibangun di antaranya Geumpang-Pameue di Aceh, Pansela Jawa, Plajan-Baron-Tepus di DIY, Siding/Seluas-Sekayang/Entikong di Kalbar, Long Pahangai-Long Boh & Long Bagun-Tering di Kaltim, Rasau-Jasa-Bts. Negara di Kalbar, Manado Outer Ring Road III di Sulut, Lingkar Kendari di Sultar.

Semakin banyaknya pembangunan jalan, banyak pula material yang dibutuhkan untuk membangun jalan tersebut. Dengan demikian, material alam akan semakin berkurang dan akan menyebabkan dampak negatif. Salah satu dampak negative dari pengambilan material alam adalah erosi (Nursa'ban, 2006). Erosi juga terjadi karena pembukaan lahan untuk pembangunan jalan. Erosi adalah perubahan bentuk tanah, erosi tanah yang tak terkendali akan menimbulkan kerugian bagi manusia dan ekosistem (Alie, 2015).

Berkurangnya material alam dan berdampak negatif bagi manusia, maka material pengganti dibutuhkan untuk mengurangi dampak-dampak negatif (Rodianor, 2022). Salah satu material penggantinya adalah *nickel slag* atau terak nikel. Indonesia adalah salah satu pengekspor nikel terbesar di dunia. Indonesia mengekspor nikel sebanyak 166,33 ribu ton sepanjang tahun 2021. Peningkatan terjadi sebesar 78,85% dari tahun 2020 yang berhasil mengekspor nikel sebanyak 93,1 ribu ton. Negara tujuan ekspor nikel terbesar di Indonesia adalah Jepang. Indonesia mengekspor nikel sebanyak 83,16 ton bijih nikel kepada Jepang pada tahun 2021. Diikuti dengan ekspor ke Tiongkok sebanyak 82,36 ribu ton bijih nikel. Dari besarnya penghasilan nikel di Indonesia maka menghasilkan limbah yang tidak sedikit (BPS, 2021). Dari jumlah nikel yang diproduksi di Indonesia, terak nikel yang dihasilkan juga semakin bertambah. Indonesia menghasilkan kurang

lebih 1 juta ton terak nikel setiap tahun (BPS, 2021). Namun penggunaan terak nikel terkendala karena pada awalnya limbah ini dikategorikan sebagai limbah B3.

Direktorat Jendral Pengelolaan Sampah, Limbah dan B3, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Achmad Gunawan Widjaksana mengatakan bahwa “Khusus untuk empat sumber limbah B3 (*slag nikel, fly ash, steel slag, spent bleaching earth*) diberikan kemudahan untuk bisa dikecualikan sebagai limbah B3 atau sebagai *by product*” (Kemenperin, 2020). Berdasarkan PP No.101 tahun 2014, pemanfaatan limbah B3 harus dilakukan pengujian untuk mengetahui kandungan zat berbahaya. Salah satu caranya adalah dengan melakukan uji *Toxicity Characteristic Leaching Procedure* (TCLP) (Iwan Susanto, 2020).

Tabel 1.1 Hasil Uji TCLP Terak Nikel

No	Parameter	Unit	Hasil	Persyaratan		Metode
				TCLP-A	TCLP-B	
1	Antimony	mg/l	<0.04	6	1	US EPA
2	Arsenic	mg/l	<0.07	3	0.5	US EPA
3	Barium	mg/l	0.03	210	35	US EPA
4	Beryllium	mg/l	<0.03	4	0.5	US EPA
5	Boron	mg/l	0.05	150	25	US EPA
6	Cadmium	mg/l	<0.01	0.9	0.15	US EPA
7	Chromium	mg/l	<0.01	15	2.5	US EPA
8	Copper	mg/l	<0.01	60	0.15	US EPA
9	Lead	mg/l	0.06	3	2.5	US EPA
10	Mercury	mg/l	<0.018	0.3	10	US EPA
11	Molybdenum	mg/l	<0.01	21	0.5	US EPA
12	Selecium	mg/l	<0.13	3	0.05	US EPA
13	Silver	mg/l	<0.03	40	3.5	US EPA
14	Selenium	mg/l	<0.13	3	0.5	US EPA
15	Zink	mg/l	<0.03	40	5	US EPA

(Sumber : *Website* Kemterian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2021)

Setelah dilakukan penelitian lebih lanjut, terak nikel lolos pengujian TCLP dengan hasil seperti tabel di atas. Terak nikel tidak memiliki zat pencemar yang lebih dari yang disyaratkan. Maka terak nikel dapat digunakan dan tidak digolongkan dalam limbah B3. Dilihat dari karakteristik nikel yang mirip dengan agregat alam, membuat nikel berpotensi untuk bisa menggantikan material alam untuk mencegah terjadinya dampak negatif jika material alam mulai menipis (Iwan Susanto, 2020).

Penggunaan terak nikel untuk pengganti agregat alam memiliki pontesi yang sangat besar karena terak nikel memiliki karakteristik yang mirip dengan agregat alam. Dalam penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh akademisi, penggunaan agregat pengganti terak nikel dapat meningkatkan daya tahan campuran seiring penambahan kadar terak nikel. Hal ini dipengaruhi oleh bentuk terak yang tidak beraturan sehingga semakin banyaknya terak nikel yang ditambahkan maka campuran semakin padat dan semakin kedap air (Manguma, Alpius, & Kamba, 2022).

Penelitian lainnya yang juga menggunakan terak nikel menunjukkan bahwa terak nikel baik untuk substitusi agregat alam. Pada penelitiannya, terak nikel digunakan untuk substitusi agregat alam pada perencanaan beton. Didapat bahwa adanya peningkatan kuat tekan pada presentase terak nikel 30% dengan peningkatan 8,7% terhadap kuat tekannya (Harlia, 2016). Penelitian lainnya yang menggunakan terak nikel untuk substitusi pada perencanaan beton. Pada penelitian tersebut disimpulkan bahwa substitusi terak sebesar 20% dan 40% mengalami penurunan. Namun pada substitusi terak sebesar 60% dan 80% mengalami peningkatan pada kuat tekan yang dihasilkan (Jalali & Salim, 2018).

Berdasarkan fakta-fakta di atas, penelitian ini terfokus pada pemanfaatan terak nikel sebagai bahan pengganti agregat alam dalam campuran beraspal lapis aus (AC-WC). Dan presentase yang digunakan untuk penelitian ini adalah 0%, 20% dan 60%.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik dari terak nikel yang digunakan sebagai pengganti agregat dalam campuran aspal?
2. Bagaimana pengaruh variasi kadar terak nikel 0%, 20%, 60% terhadap karakteristik marshall pada campuran aspal lapis aus (AC-WC)?
3. Bagaimana komposisi dari penambahan terak nikel sebagai pengganti agregat pada campuran beraspal lapis aus (AC-WC)?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik terak nikel digunakan sebagai pengganti agregat dalam campuran aspal.
2. Untuk mengetahui pengaruh variasi kadar terak nikel 0%, 20%, 60% terhadap karakteristik marshall pada campuran aspal lapis aus (AC-WC).
3. Untuk mengetahui komposisi dari penambahan terak nikel sebagai pengganti agregat pada campuran beraspal lapis aus (AC-WC).

1.4 Batasan Masalah

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-WC).
3. Bahan pengganti agregat yang digunakan dalam penelitian ini adalah terak nikel dari PT. *Growth Java Industry*.
4. Perencanaan campuran beraspal panas menggunakan metode Marshall dan Pendekatan Kepadatan Mutlak untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) dari *Asphalt Concrete – Wearing Coarse* (AC-WC).
5. Campuran aspal yang digunakan yaitu campuran aspal panas *Asphalt Concrete – Wearing Coarse* (AC-WC). Mengacu pada Spesifikasi Umum yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum Tahun 2018.
6. Pengujian yang dilakukan adalah Marshall Test dengan variasi kadar terak nikel 0%, 20%, dan 60%.
7. Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
8. Penelitian ini dilakukan dengan tidak menggunakan kelas jalan.

9. Penelitian dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Mengetahui pengaruh terak nikel sebagai agregat pengganti pada perkerasan jalan.
2. Terak nikel dapat menjadi alternatif baru sebagai agregat sehingga dapat mengurangi penggunaan agregat sebagai bahan alami dan juga meminimalisasi terjadinya erosi akibat pengambilan agregat alami.
3. Diharapkan penelitian ini dapat memberikan kontribusi ilmiah, yaitu mengetahui kinerja campuran beraspal lapis aus (AC-WC) dengan digantinya agregat dengan terak nikel.

1.6 Keaslian Penelitian

Penelitian tentang “Pemanfaatan Terak Nikel sebagai Bahan Pengganti Agregat dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)” ini belum pernah ada yang meneliti sebelumnya, sehingga benar-benar asli dan tanpa ada unsur plagiat dari perencanaan sebelumnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Bunyamin, & Kurniasari, F. D. (2021). Uji Marshall Pada Campuran AC-WC Dengan Substitusi Filler. *Serambi Engineering*, 1631-1638.
- Anissa Noor Tajudin, L. B. (2017). ANALISIS INDEKS STABILITAS SISA PADA CAMPURAN ASPHALT CONCRETE DENGAN PENGGUNAAN LIMBAH PLASTIK SEBAGAI AGREGAT PENGGANTI. *Jurnal Muara*, 272-280.
- Badan Standardisasi Nasional . (2008). *SNI 1970:2008 Cara uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional . (2008). *SNI 2417:2008 Cara uji keausan agregat dengan mesin abrasi Los Angeles* . Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (1991). *SNI 06-2441-1991*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2432:2011 Cara uji daktilitas aspal*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2432:2011 Cara uji penetrasi aspal*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2433:2011 Cara uji titik nyala dan titik bakar aspal dengan alat cleveland open up*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2434:2011 Cara uji titik lembek aspal dengan alat cincin dan bola (ring and ball)*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). *SNI 2441:2011 Cara uji berat jenis aspal keras*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). *SNI ASTM C117:2012*. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). *SNI 1969:2016 Metode Uji berat jenis dan penyerapan air agregat kasar*. Jakarta: BSN.
- Bethary, R. T., & Intari, D. E. (2022). Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan. *Fondasi*, 34-43.
- BPS. (2021, Agustus). *Ekspor dan Impor*. Retrieved from bps.go.id: <https://www.bps.go.id/>
- Fauziah, M., & Wijayati, F. S. (2016). PENGARUH KADAR LIMBAH KACA SEBAGAI SUBSTITUSI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL PORUS. *Jurnal Teknisia*, 261-273.
- Hamdi, R. P. (2021). PENGARUH SUBSTITUSI PARSIAL BAHAN ALAMI LATEKS TERHADAP KINERJA CAMPURAN BETON ASPAL PADA

LAPISAN AUS (HOTMIX AC-WC). *PILAR JURNAL TEKNIK SIPIL*, 15 - 20.

- Hanafi Ashad, A. B. (2022). Penggunaan Terak Nikel Sebagai Bahan Alternatif Pengganti Agregat Kasar Beton Mutu Tinggi. *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*, 257 - 262.
- Harlia, A. (2016). STUDI PEMANFAATAN LIMBAH AMPAS NIKEL PT. ANTAM POMALAA UNTUK KONSTRUKSI BETON. *UIN ALAUDDIN MAKASSAR*, 50-60.
- Ibnu Jamil Khairi, O.-N. B. (2020). EVIEW KARAKTERISTIK MEKANIK DAN TOXICITY CHARACTERISTIC LEACHING PROCEDURE BETON GEOPOLIMER . *Jurnal Infrastruktur*, 105-114.
- Jalali, N. A., & Salim, A. (2018). AGREGAT HALUS SLAG NIKEL SEBAGAI PENGGANTI SEBAGIAN PASIR PADA PEMBUATAN BETON. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M)*, 142-147.
- Junaedi, D. R. (2020). Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Perkerasan Laston AC-BC. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 109-117.
- Junaerdi, D. R. (2020). PENGARUH PENGGUNAAN PASIR KUARSA SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT HALUS UNTUK PERKERASAN LASTON AC-BC. *Jurnal Student Teknik Sipil*, 109-117.
- Kemenperin. (2020, Juli 2). *Siaran Pers*. Retrieved from kemenperin.go.id: <https://kemenperin.go.id/artikel/21806/Kemenperin-Angkat-Potensi-Slag-Nikel-Jadi-Bahan-Baku-Industri>
- Kusuma, D. (2014, Februari 9). *Mengenal Konstruksi Lapisan Aspal*. Retrieved from dwikusumadpu.wordpress.com/2014/02/09/mengenal-konstruksi-lapisan-aspal/
- Magdi M. E. Zumrawi, F. O. (2017). Experimental Study of Steel Slag Used as Aggregate in Asphalt Mixture. *American Journal of Construction and Building Materials*, 26-32.
- Manguma, F., Alpius, & Kamba, C. (2022). Pengaruh Penggunaan Slag Nikel Terhadap Indeks Kekuatan Sisa Campuran HRS-WC. *Paulus Civil Engineerin*, 297-204.
- Marga, K. P. (2020). *SPESIFIKASI UMUM 2018 UNTUK PEKERJAAN KONSTRUKSI JALAN DAN JEMBATAN (REVISI 2)*. Jakarta: Bina Marga.
- PUPR, K. (2022, Februari 17). *Kementerian PUPR Targetkan Pembangunan Jalan Nasional Baru Sepanjang 354 km dan Jembatan Sepanjang 20.188 meter*. Retrieved from pu.go.id: <https://pu.go.id/berita/kementerian-pupr->

targetkan-pembangunan-jalan-nasional-baru-sepanjang-354-km-dan-jembatan-sepanjang-20188-meter

Saodang, I. H. (2005). *Konstruksi Jalan Raya*. Bandung: Kotak Pos 1468 Bandung

Sukirman, S. (1999). *Dasar-Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Bandung: Nova.

Sukirman, S. (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung: Institut Teknologi Nasional.

Syaripin, Suparma, L. B., & Mulyonno, A. T. (2021). PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP AGREGAT HALUS PADA CAMPURAN LASTON AC-BC. *Prosiding Simposium Forum Studi Transportasi antar Perguruan Tinggi ke-24*, 472-481.

Tenriajeng, A. T. (2014). *Rekayasa Jalan Raya*. Depok: Gunadarma.

Thanaya, I. N., Puranto, I. G., & Nugraha, I. N. (2016). Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. *Jurnal Media Komunikasi Teknik Sipil*, 77-86.

Wayan Mustika, I. M. (2016). PENGGUNAAN TERAK NIKEL SEBAGAI AGREGAT DALAM CAMPURAN BETON. *Jurnal Spektran*, 36-45.