

**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 Afu Zaiyna Fajr Thariq, S.T.



Disusun Oleh :

Muhamad Afu 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 Afri 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 Afri 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 Aafi Zaiyna Fajr Thariq / 3336190041

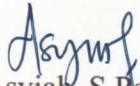
Telah dipertahankan di depan dewan penguji

Pada Tanggal : 13 Juli 2023

Susunan Dewan Penguji

Dosen Penguji I

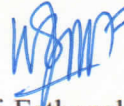
Dosen Penguji II



Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

NIP. 198601312019032009

Dosen Pembimbing 1



Woelandari Fathonah, S.T., M.T.

NIP. 199012292019032021

Dosen Pembimbing 2



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

NIP. 198212062010122001



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, masukkan, 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 masukkan sehinggalah 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 masukkan 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

DAFTAR ISI

COVER	i
HALAMAN PERNYATAAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PRAKATA	iv
INTISARI	v
ABSTRACT	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</i>	
<i>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 Perkerasan 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 Widjacksono 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	Antomony	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.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks

Dari penelitian yang dilakukan oleh I Nyoman Arya Thanaya, I Gusti Raka Puranto dan I Nyoman Sapta Nugraha di Universitas Udayana, Denpasar pada tahun 2016 mengenai “Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks”. Pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kinerja campuran aspal untuk perkerasan yang dalam jangka Panjang mengalami deformasi maka perlu penambahan aditif, di penelitian ini menggunakan tambahan lateks (karet alam cair). Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) ada kadar aspal optimum dengan penambahan lateks.

Ada beberapa kesimpulan dari hasil penelitian ini, diantaranya :

1. Penambahan lateks ke dalam campuran AC-WC menunjukkan nilai stabilitas *Marshall* yang semakin baik, nilai *flow* semakin tinggi, *Marshall Qoutient* semakin baik, nilai VIM yang semakin rendah, nilai VMA yang semakin rendah serta nilai VFA yang semakin tinggi. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada campuran dengan kadar lateks sampai 8% terhadap total perekat, Adapun nilai stabilitas yang diperoleh sebesar 1658 kg.
2. Dipilih variasi lateks 4% terhadap total perekat, karena dari hasil pengujian aspal memenuhi spesifikasi.
3. Pada penambahan 4% lateks ketahanan campuran terhadap deformasi meningkat sebesar 11,9% dan kekuatannya meningkat 14,2%. Campuran dengan dan tanpa lateks memiliki nilai kemiringan tes creep dinamik (*Dynamic Creep Slope*), sesuai untuk lalu lintas berat.

2.2 Uji *Marshall* Pada Campuran AC-WC Dengan Subtitusi Filler

Dalam penelitian Zainal Abidin, Bunyamin dan Febrina Dian Kurniasari di Universitas Iskandar Muda, Banda Aceh tahun 2020 tentang “Uji *Marshall* Pada

Campuran AC-WC Dengan Substitusi *Filler*” dilatar belakangi karena infrastruktur transportasi darat yang terus meningkat. Oleh karena itu, untuk menunjang kelancaran pembangunan perkerasan jalan harus menggunakan maerial yang berkualitas sebagaimana diatur dalam peraturan Dinas Bina Marga 2010 revisi 4 tahun 2018. Dalam campuran perkerasan, dibutuhkan bahan tambahan untuk memperbaiki kelemahan yang ada. Untuk meningkatkan kualitas perkerasan jalan dilakukan substitusi dengan bahan pengisi (*filler*) dengan menggunakan semen Portland tipe II dan *filler* Abu Cangkang Tiram.

Dari penelitian ini, memberikan kesimpulan bahwa pengujian sifat-sifat fisis material berbentuk agregat dan aspal pen 60/70 sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan serta bisa digunakan untuk bahan campuran AC-WC. Berdasarkan evaluasi parameter *Marshall* diperoleh pada kadar aspal minimum 5%, kadar aspal tengah 5,5% dan kadar aspal maksimum 6%. Hasil evaluasi terhadap karakteristik *Marshall* pada campuran AC-WC hasil komposisi terbaik pada presentase 20% (ACT) dan 80% (PC) pada kadar aspal 5% nilai stabilitas yaitu 1323,01 kg, telah memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan sebagai agregat pada bahan campuran Laston AC-WC. Substitusi *filler* ACT dengan PC dapat mempengaruhi nilai parameter uji *Marshall* yang meliputi VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan *Flow*.

2.3 Penggunaan Limbah *Slag* Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan

Dari penelitian Rindu Twidi Bethary dan Dwi Esti Intari di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa tahun 2022 mengenai “Penggunaan Limbah *Slag* Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan”. Penelitian ini dilatar belakangi karena banyaknya pembangunan dan pemeliharaan jalan yang membutuhkan banyak material agregat alam. Di Indonesia diperlukan 1,3 juta aspal pertahunnya, maka agregat yang dibutuhkan sebanyak 21,6 juta ton sehingga agregat alam berkurang secara bertahap. Dalam rangka mengurangi penggunaan material alam atau agregat alam, maka digunakan agregat pengganti yaitu terak nikel.

Indonesia memiliki cadangan nikel nomor 1 di dunia yang mencapai 72 juta ton atau 52% dari total cadangan di dunia. Produksi bijih nikel Indonesia pada tahun 2019 sebesar 800 ribu ton atau sekitar 30% dari produksi total di dunia.

Dari penelitian ini, diberikan beberapa kesimpulan antara lain :

1. Penggunaan terak nikel merupakan salah satu teknologi *green material* dalam konstruksi jalan yaitu pemanfaatan limbah hasil industri selain itu dapat menggantikan agregat alami yang digunakan dalam konstruksi jalan dan mengurangi limbah yang dihasilkan dari produksi nikel.
2. Material yang terkandung di dalam terak nikel dapat dikategorikan ramah lingkungan karena dari hasil percobaan TCLP semuanya lebih kecil dari persyaratan yang diijinkan.
3. Karakteristik terak nikel dengan system pendinginan udara menunjukkan pemenuhan untuk digunakan sebagai material lapis perkerasan campuran Laston lapis antara (AC-BC) sesuai dengan spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Bina Marga Tahun 2018.

Teknologi campuran aspal panas menggunakan material alternatif pemanfaatan terak nikel diharapkan secara umum dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal dan lebih lanjut perlu dilakukan pengujian karakteristik *Marshall* dan modulus campuran

2.4 Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Perkerasan Laston AC-BC

Penelitian yang dilakukan oleh Dena Ramadhan Junaedi pada tahun 2020 yang berjudul “Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Pengganti Agregat Halus Untuk Perkerasan Laston AC-BC”. Penelitian ini memiliki latar belakang yaitu, kerusakan jalan yang diakibatkan oleh pembebanan yang berlebih. Maka dilakukan penggantian agregat dengan tujuan meningkatkan kualitas perkerasan.

Kabupaten Sukabumi adalah salah satu penghasil pasir kuarsa yang melimpah. Salah satunya berada di Cibadak yang memproduksi sebanyak 15.000 ton pasir

kuarsa per bulannya. Dari banyaknya ketersediaan pasir kuarsa dan kebutuhan untuk perbaikan jalan, maka penelitian ini dilakukan.

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penggunaan pasir kuarsa pada campuran berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Pada kadar 7,5% nilai Marshall LPKAB lebih baik dari pada LN. Hal ini disebabkan karena permukaan pasir kuarsa yang kasar, mempunyai tingkat kekerasan yang baik sehingga dapat meningkatkan kelekatan terhadap aspal dan meningkatkan stabilitas *Marshall*.

2.5 Experimental Study of Steel Slag Used as Aggregate in Asphalt Mixture

Dari penelitian yang dilakukan oleh Magni M. E. Zumrawi dan Faiza O. A. Khalil pada tahun 2017 tentang penggunaan terak besi sebagai pengganti agregat pada campuran bersapal. Penelitian ini dilatar belakangi oleh banyaknya terak besi yang di hasilkan di Sudan dan dapat menyebabkan bahaya pada lingkungan. Di Sudan, menghasilkan 15-20 ton terak besi per hari.

Terak besi sudah banyak digunakan untuk pengganti agregat karena sifat fisik dan mekanis yang ada di terak besi mirip dengan agregat alam. Terak besi sudah sering digunakan sebagai pengganti agregat di berbagai negara namun belum di Sudan. Maka dilakukan penelitian ini untuk melakukan pemanfaatan terak besi di Sudan.

Pada penelitian ini memberikan kesimpulan sebagai berikut :

1. Berdasarkan hasil pengujian, penambahan terak besi memberikan peningkatan pada parameter Marshall. Dengan hasil ini, penggunaan terak besi sangat menguntungkan di Sudan karena dapat mengurangi ketergantungan penggunaan agregat alam.
2. Dari sisi ekonomi, penggunaan terak besi sebagai konstruksi jalan raya dapat mengurangi biaya pengerukan agregat alam dan untuk industri pembuatan besi juga dapat mengurangi biaya untuk pembuangan limbahnya.
3. Terak besi dapat menjadi alternatif pengganti agregat karena banyak keuntungan yang didapat.

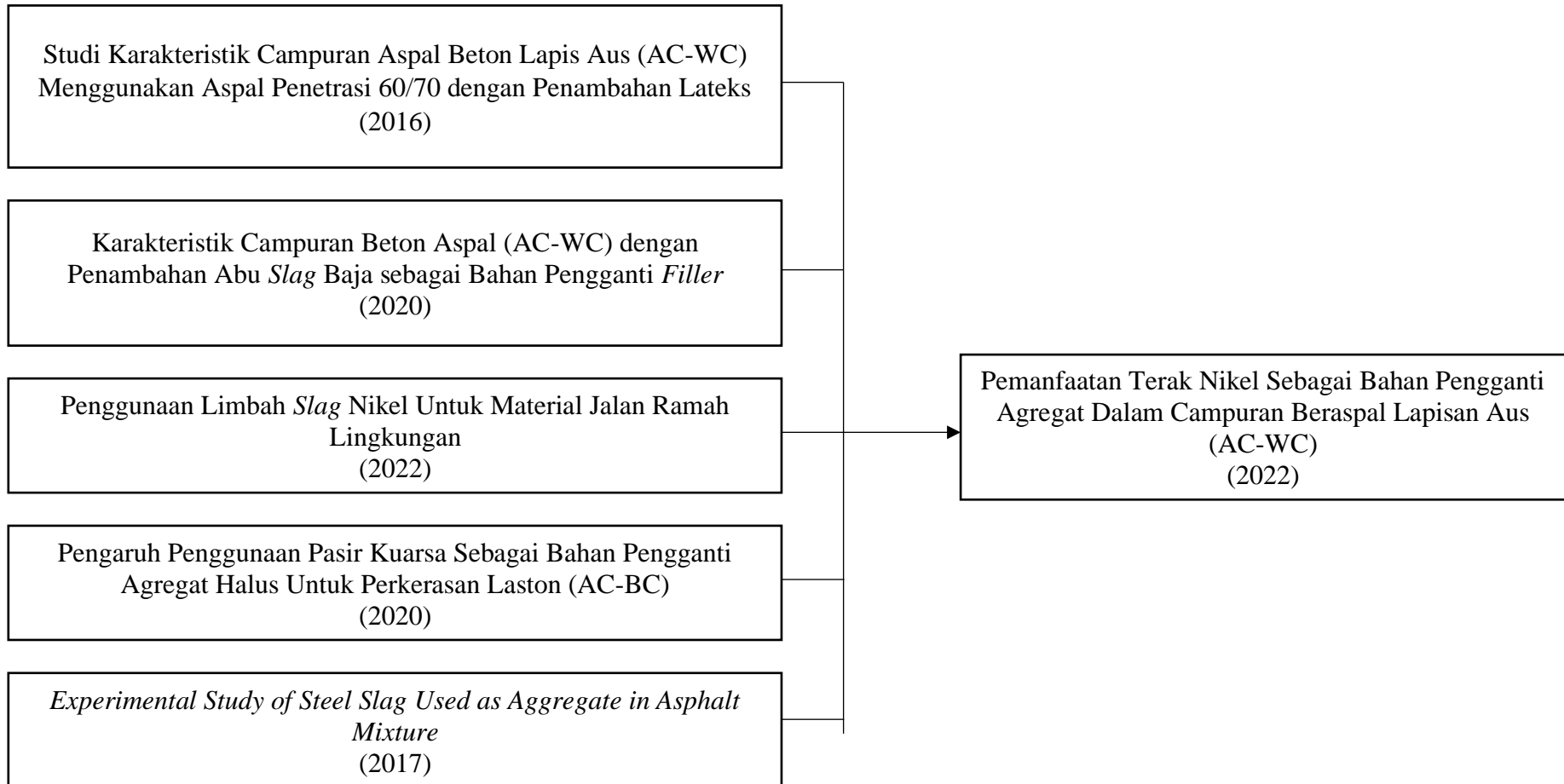
TABEL KETERKAITAN

No	Peneliti	Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
1	I Nyoman Arya Thanaya et al.	2016	Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran aspal beton lapis aus (AC-WC) pada kadar aspal optimum (KAO) dengan penambahan lateks	Eksperimental	Penambahan lateks ke dalam campuran ACWC Menunjukkan nilai stabilitas Marshall Yang semakin baik, nilai flow semakin tinggi, Marshall Quotient semakin baik, nilai VIM yang semakin rendah, nilai VMA yang semakin rendah serta nilai VFB yang semakin tinggi. Dari hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai stabilitas tertinggi diperoleh pada campuran dengan kadar lateks sampai 8% terhadap total perekat, adapun nilai stabilitas yang diperoleh sebesar 1658,00 kg
2	Zainal Abidin et al.	2020	Karakteristik Campuran Beton Aspal (AC-WC) dengan Penambahan Abu Slag Baja sebagai Bahan Pengganti Filler	Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh abu terak terhadap karakteristik pada campuran beton aspal serta untuk mengetahui kadar abu terak dan kadar aspal optimum pada campuran beton aspal.	Eksperimental	Pengujian sifat-sifat fisis material berbentuk agregat dan aspal pen 60/70 sudah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan serta bisa digunakan untuk bahan campuran AC-WC. Berdasarkan evaluasi parameter <i>Marshall</i> diperoleh pada kadar aspal minimum 5%, kadar aspal tengah 5,5% dan kadar aspal maksimum 6%. Hasil evaluasi terhadap karakteristik <i>Marshall</i> pada campuran AC-WC hasil komposisi terbaik pada presentase 20% (ACT) dan 80% (PC) pada kadar aspal 5% nilai stabilitas yaitu 1323,01 kg, telah memenuhi spesifikasi dan dapat digunakan sebagai agregat pada bahan campuran Laston AC-WC. Substitusi <i>filler</i> ACT dengan PC dapat mempengaruhi nilai parameter uji <i>Marshall</i> yang meliputi VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan <i>Flow</i> .
3	Rindu Twidi Bethary et al.	2022	Penggunaan Limbah Slag Nikel Untuk Material Jalan Ramah Lingkungan	Penelitian ini bertujuan untuk melakukan evaluasi dan pengendalian kinerja campuran beraspal dengan menggunakan terak nikel pada lapisan perkerasan Laston lapis antara (AC- BC)	Eksperimental	Penggunaan terak nikel merupakan salah satu teknologi <i>green material</i> dalam konstruksi jalan yaitu pemanfaatan limbah hasil industri selain itu dapat menggantikan agregat alami yang digunakan dalam konstruksi jalan dan mengurangi limbah yang dihasilkan dari produksi nikel.
4	Dena Ramadhan Junaedi et al	2020	Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Sebagai Bahan Pengganti	Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pasir kuarsa terhadap stabilitas marshall	Eksperimental	Penggunaan pasir kuarsa pada campuran berpengaruh terhadap nilai stabilitas. Pada kadar 7,5% nilai Marshall LPKAB lebih baik dari pada LN. Hal ini disebabkan karena permukaan pasir kuarsa yang kasar, mempunyai tinggak kekerasan yang baik

No	Peneliti	Tahun	Judul	Tujuan	Metode	Hasil
			Agregat Halus Untuk Perkerasan Laston AC-BC			sehingga dapat meningkatkan kelekatan terhadap aspal dan meningkatkan stabilitas Marshall.
5	Magni M. E. Zumrawi et al	2017	<i>Experimental Study of Steel Slag Used as Aggregate in Asphalt Mixture</i>	Terak besi sudah banyak digunakan untuk pengganti agregat karena sifat fisik dan mekanis yang ada di terak besi mirip dengan agregat alam. Terak besi sudah sering digunakan sebagai pengganti agregat di berbagai negara namun belum di Sudan. Maka dilakukan penelitian ini untuk melakukan pemanfaatan terak besi di Sudan.	Eksperimental	Berdasarkan hasil pengujian, penambahan terak besi memberikan peningkatan pada parameter Marshall. Dengan hasil ini, penggunaan terak besi sangat menguntungkan di Sudan karena dapat mengurangi ketergantungan penggunaan agregat alam. Dari sisi ekonomi, penggunaan terak besi sebagai konstruksi jalan raya dapat mengurangi biaya pengerukan agregat alam dan untuk industri pembuatan besi juga dapat mengurangi biaya untuk pembuangan limbahnya. Terak besi dapat menjadi alternatif pengganti agregat karena banyak keuntungan yang didapat

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

BAGAN KETERKAITAN



Gambar 2.1 Bagan Keterkaitan Penelitian

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

BAB 3

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang digunakan antara lain : batu pecah, batu belah, batu kali dan hasil samping peleburan baja. Bahan ikat yang digunakan antara lain : aspal, semen, tanah liat (Tanriajeng, 2002).

Perkerasan jalan adalah bagian dari jalur lalu lintas, yang bila kita perhatikan secara struktural pada penampang melintang jalan, merupakan penampang struktur dalam kedudukan yang paling sentral dalam suatu badan jalan (Saodang, 2005).

Dari dua pendapat di atas, saya menyimpulkan perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat tertentu untuk melayani beban lalu lintas yang merupakan penampang struktur pada badan jalan.

3.2 Jenis Konstruksi Perkerasan

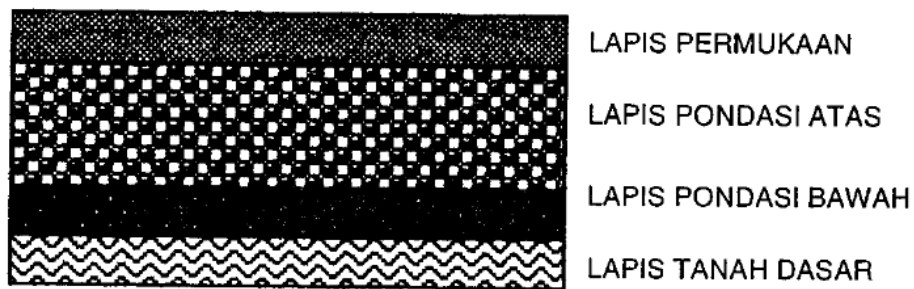
Jenis konstruksi perkerasan terbagi menjadi 3 jenis, antara lain :

1. Perkerasan Lentur (*flexible pavement*);
2. Perkerasan Kaku (*rigid pavement*);
3. Perkerasan Komposit (*composite pavement*).

3.2.1 Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya. Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut adalah :

1. Lapisan permukaan (*surface coarse*)
2. Lapisan pondasi atas (*base coarse*)
3. Lapisan pondasi bawah (*sub-base coarse*)
4. Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

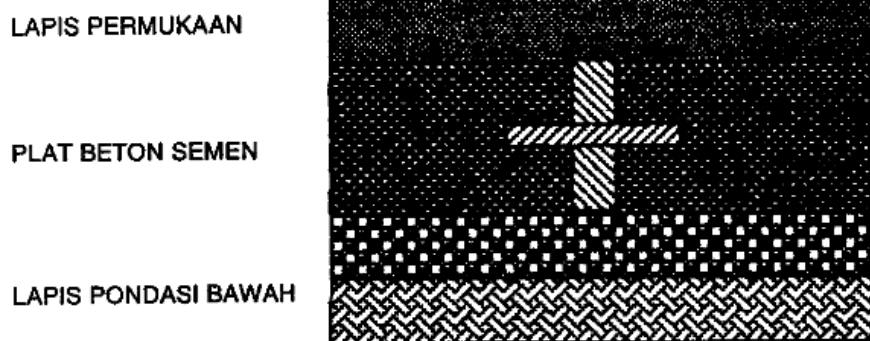


Gambar 3.1 Lapisan Pada Perkerasan Lentur (*flexible pavement*)

(Sumber : Rekayasa Jalan Raya-2 Tenriajeng, 2014)

3.2.2 Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

Perkerasan yang menggunakan bahan ikat semen Portland, pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan di atas tanah dasar dengan atau tanpa pondasi bawah. Beban lalu lintas Sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



Gambar 3.2 Lapisan Pada Perkerasan Kaku (*rigid pavement*)

(Sumber : Rekayasa Jalan Raya-2 Tenriajeng, 2014)

Ada 2 jenis perkerasan kaku antara lain

1. Perkerasan beton semen.

Yaitu perkerasan kaku dengan beton semen sebagai lapis aus. Terdapat empat jenis perkerasan beton semen antara lain :

- a. Perkerasan beton semen bersambung tanpa tulangan
- b. Perkerasan beton semen bersambung dengan tulangan
- c. Perkerasan beton semen bersambung menerus dengan tulangan
- d. Perkerasan beton semen pratekan.

2. Perkerasan komposit

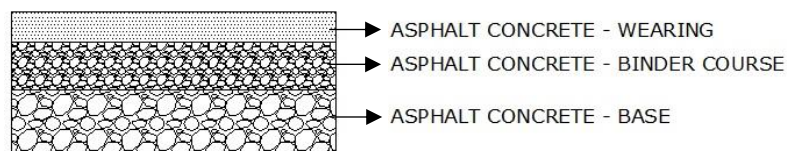
Yaitu perkerasan kaku dengan pelat beton sebagai lapis pondasi dan aspal beton sebagai lapisan permukaan. Perkerasan kaku ini sering digunakan sebagai *runway* di lapangan terbang. (Tenriajeng, 2014)

3.3 Lapis Aspal Beton (Laston)

Laston (Lapis Aspal Beton) atau biasa disebut AC (*Asphaltic Concrete*) merupakan lapisan yang terdiri dari campuran aspal dan agregat yang dicampur secara panas (*hot-mix*), dihamparkan dan dipadatkan membentuk perkerasan yang kedap air. Digunakan untuk lalu lintas berat (Saodang, 2005).

Laston (Lapis Aspal Beton) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi (Tenriajeng, 2002).

Dari kedua pendapat itu dapat disimpulkan bahwa laston adalah lapisan yang terdiri dari agregat yang mempunyai gradasi menerus dan aspal sebagai pengikat dari campuran, yang dicampur secara panas (*hot mix*), dicampur, dihamparkan, dipadatkan dengan suhu tertentu membentuk perkerasan yang kedap air. Lapis ini biasanya digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi.



Gambar 3.3 Lapisan AC

(Sumber : <https://dwikusumadpu.wordpress.com/2014/02/09/mengenal-konstruksi-lapisan-aspal/>)

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan lapisan AC-WC atau *Asphalt Concrete – Wearing Coarse*. Bagian ini adalah bagian permukaan yang ditunjukkan pada gambar diatas.

3.4 Karakteristik Beton Aspal

Ada tujuh karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran beton aspal. Diantaranya stabilitas, keawetan, kelenturan, ketahanan terhadap kelelahan, kekesatan permukaan, kedap air dan mudah dilaksanakan.

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan fungsi jalan dan beban lalu lintas yang akan dilayani (Sukirman S. , 2016).

Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan beton aspal menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kendaraan, gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim seperti udara, air atau perubahan temperature. Durabilitas dipengaruhi oleh tebalnya film aspal, banyaknya rongga dalam campuran, kepadatan dan kedap airnya campuran (Sukirman S. , 2016).

Kelenturan atau fleksibilitas adalah kemampuan beton aspal untuk menyesuaikan diri akibat penurunan fondasi atau tanah dasar tanpa terjadi retak. Penurunan terjadi akibat repetisi beban lalu lintas ataupun akibat berat sendiri tanah timbunan yang dibuat di atas tanah asli (Sukirman S. , 2016).

Ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue resistance*) adalah kemampuan beton aspal menerima lendutan berulang akibat repetisi beban lalu lintas tanpa terjadinya kelelahan berupa alur atau retak. Hal ini bisa dicapai dengan menggunakan kadar aspal yang tinggi (Sukirman S. , 2016).

Kekesatan atau ketahanan geser (*skid resistance*) adalah kemampuan permukaan beton aspal memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir ataupun slip terutama pada kondisi basah. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas tinggi, yaitu kekasaran permukaan butir agregat, luas bidang kontak antar butir, bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal (Sukirman S. , 2016).

Kedap air (impermeabilitas) adalah kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara ke dalam lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film atau selimut aspal dari permukaan agregat. Jumlah rongga yang tersisa setelah beton aspal dipadatkan dapat menjadi indicator kekedapan campuran. Tingkat impermeabilitas beton aspal berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya (Sukirman S. , 2016).

Mudah dilaksanakan (*workability*) adalah kemampuan campuran beton aspal untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Tingkat kemudahan dalam pelaksanaan, menentukan tingkat efisiensi perkerjaan. Faktor yang dapat mempengaruhi tingkat kemudahan dalam proses penghamparan dan pemadatan adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur, gradasi serta kondisi agregat (Sukirman S. , 2016).

3.5 Bahan Pembentuk Perkerasan Jalan (Laston)

Seperti yang sudah dijelaskan pada sub bab 3.1 bahwa perkerasan tersusun oleh agregat dan bahan pengikat. Pada lapis aspal beton, bahan pengikat yang digunakan adalah aspal, maka material penyusun perkerasan jalan lapis aspal beton adalah agregat dan aspal.

3.4.1 Agregat

Berdasarkan sumbernya, agregat diklasifikasikan menjadi agregat alam dan agregat buatan. Agregat alam adalah agregat yang diperoleh secara alamiah di alam, dengan sedikit pengolahan, seperti pasir dan kerikil. Agregat buatan adalah agregat yang memerlukan proses pemecahan batu dengan alat pemecah batu (*stone crusher*) untuk dijadikan sebuah material yang cocok dengan ukuran yang dibutuhkan.

Berdasarkan ukuran butirnya, agregat diklasifikasikan menjadi agregat kasar dan halus. Agregat kasar adalah agregat dengan diameter butirannya lebih besar dari 4,75 mm atau tertahan saringan No. 4. Sedangkan, agregat halus adalah agregat dengan diameter butiran kurang dari 4,75 mm atau lolos dari saringan No. 4 dan tertahan di saringan No. 200 dengan diameter 0,075 mm. (Saodang, 2004)

3.4.2 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat berubah menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk ke dalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/penyiraman pada perkerasan macadam ataupun peleburan. Jika temperature mulai menurun, aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Tenriajeng, 2002)

Aspal adalah bahan alam dengan komponen kimia utama hidrokarbon, hasil eksplorasi dengan warna hitam bersifat plastis hingga cair, tidak larut dalam larutan asam encer dan alkali atau air, tapi larut sebagian besar dalam *aether*, CS₂ bensol dan *chloroform* (Saodang, 2005).

Dari kedua definisi dari aspal ini, maka dapat disimpulkan bahwa aspal adalah material yang berwarna hitam atau coklat tua yang padat di suhu ruang dan dapat berubah menjadi cair di temperatur tertentu. Komponen kimia utama aspal adalah hidrokarbon. Aspal tidak dapat larut dalam larutan, namun sebagian besar aspal bisa larut dalam *aether*, CS₂ bensol dan *chloroform*.

3.4.3 Filler

Filler adalah agregat halus yang lolos dari saringan No. 200 atau diameter butirannya kurang dari 0,075 mm. Penggunaan *filler* pada campuran aspal berguna untuk mengisi rongga dalam campuran, untuk meningkatkan daya ikat aspal beton dan dapat meningkatkan stabilitas dari campuran aspal beton. (Saodang, 2004)

3.6 Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi ukuran agregat adalah suatu hal yang sangat penting dalam penentuan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi jumlah rongga yang antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan. (Tenriajeng, 2014)

Gradasi diperoleh dengan pengujian analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan yang disusun dari yang paling besar di paling atas sampai yang paling kecil

di bagian bawah saringan. Analisa saringan dapat dilakukan dengan menggunakan analisa kering atau basah. Gradasi dapat terbagi menjadi :

1. Gradasi Seragam;
2. Gradasi Rapat;
3. Gradasi Buruk.

3.5.1 Gradasi Seragam

Gradasi seragam (*uniform graded*) merupakan gradasi dengan ukuran agregat yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit sehingga rongga pada campuran tidak dapat terisi. Gradasi seragam juga biasa disebut gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang dan berat volume kurang.

3.5.2 Gradasi Rapat

Gradasi rapat (*dense graded*) merupakan gradasi dengan ukuran agregat yang merata, agregat kasar dan agregat halus dalam porsi yang berimbang sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik (*well graded*). Gradasi ini juga biasa disebut gradasi menerus.

3.5.3 Gradasi Buruk

Gradasi buruk (*poorly graded*) merupakan campuran agregat yang tidak memenuhi 2 kategori di atas. Pada gradasi ini ada 1 fraksi yang hilang dalam satu campuran. Dengan hilangnya 1 fraksi tersebut, membuat gradasi tidak sesuai dengan porsinya. Gradasi ini juga biasa disebut dengan gradasi senjang.

3.7 Terak Nikel

Terak nikel adalah limbah padat yang dihasilkan dari penambangan bijih nikel. Nikel terdiri dari 41,47% *Silika*, 30,44% *Ferri Oksida* dan 2,58% *aluminia*. Kandungan tersebut didapat dari pengujian dengan menggunakan alat XRF dan XRD. (Asliah, 2020). Limbah terak nikel terbentuk melalui proses peleburan bijih nikel. Limbah awalnya berbentuk cair dengan temperatur sekitar ± 1550 °C yang langsung dikeluarkan melewati *slag runner* ke kolam granulasi (*slag granulation pond*) kemudian terak mengalami pendinginan.



Gambar 3.4 Terak Nikel

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Ada 2 metode pendinginan terak nikel. Yang pertama menggunakan semprotan air dengan air bertekanan tinggi untuk memecah ukuran terak sehingga terbentuk butiran-butiran. Yang kedua adalah menggunakan pendinginan udara. Dengan pendinginan udara, ukuran terak bisa diatur dengan menggunakan alat pemecah batu (*stone crusher*). (Demmalino, 2019)

3.8 Kadar Aspal Rencana (Pb)

Kadar aspal awal atau kadar aspal perkiraan ini merupakan kadar aspal tengah/ideal. Kadar aspal tengah dapat ditentukan dengan menggunakan rumus atau persamaan dari Spesifikasi Depkimpraswil (2004), yaitu dikenal dengan kadar aspal rencana (Pb) dari persamaan berikut :

$$Pb = 0,035\%CA + 0,045\%FA + 0,18\%filler + K \quad (3.1)$$

Keterangan :

Pb : kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran

%CA : Persentase agregat tertahan saringan No. 8

%FA : Agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan di saringan No. 200

%filler : Persentase agregat minimal 75% lolos saringan No. 200

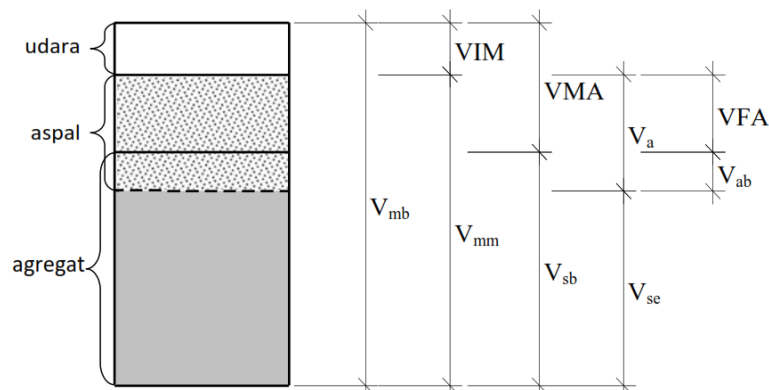
K : konstanta 0,5 – 1 untuk lapis AC

3.9 Karakteristik Campuran Aspal Beton

Karakteristik campuran yang diamati adalah karakteristik *Marshall*. Karakteristik *Marshall* diantaranya *Void in Material Aggregate* (VMA), *Void In Mixture* (VIM), *Void Filled With Asphalt* (VFA).

VIM adalah rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya suhu udara. VMA adalah volume rongga di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. VFA adalah volume rongga antara agregat dari beton aspal padat yang terisi oleh aspal, disebut juga volume film atau selimut aspal. (Sukirman S. , 2016)

Secara skematis berbagai jenis volume yang terdapat di dalam campuran beton aspal ditunjukkan pada gambar di bawah ini.



Gambar 3.5 Skematis Berbagai Jenis Rongga Beton Aspal Padat

(Sumber : Sukirman, 2016)

Berikut adalah penjelasan dari semua karakteristik yang diuji.

3.8.1 *Void in the Material Aggregate* (VMA)

VMA adalah rongga di antara partikel agregat pada suatu perkerasan termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dapat dihitung dengan persamaan :

$$VMA = 100 - \frac{(100 - \% \text{aspal}) \times \text{berat volume benda uji}}{B.J. \text{ Agregat}} \quad (3.2)$$

3.8.2 Void In Mixture (VIM)

VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri dari ruang udara diantara partikel agregat yang diselimuti aspal. VIM dapat dihitung dengan persamaan :

$$VIM = 100 - \frac{100 \times \text{berat volume benda uji}}{B.J. \text{ maksimum teoritis}} \quad (3.3)$$

Berat jenis maksimum teoritis :

$$BJ = \frac{100}{\frac{\% \text{agr}}{BJ \text{ agr}} + \frac{\% \text{aspal}}{BJ \text{ aspal}}} \quad (3.4)$$

3.8.3 Void Filled with Asphalt (VFA)

VFA adalah persentase rongga yang terdapat diantara partikel agregat (VMA) yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. VFA dapat dihitung dengan persamaan :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \quad (3.5)$$

3.1 Marshall Test

Pengujian *Marshall* bertujuan untuk menentukan ketahanan dan kekuatan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*). Kedua data tersebut digunakan untuk menentukan *Marshall Quotient* (MQ).

3.9.1 Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen. Stabilitas dinyatakan dalam kilogram (kg). Pengukuran stabilitas dengan uji *Marshall* diperlukan untuk mengetahui kekuatan geser dari sampel yang ditahan dua sisi kepala penekan. Nilai stabilitas diperoleh berdasarkan nilai yang ditunjukkan oleh arloji.

3.9.2 Kelelahan (*flow*)

Nilai *flow* ditunjukkan oleh jarum arloji pembacaan *flow*, bisa juga diukur dengan menggunakan jangka sorong. Nilai yang didapat sudah dalam satuan mm, sehingga tidak perlu di konversi kembali.

3.9.3 Marshall Quotient

Marshall Quotient dapat dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$MQ = \frac{MS}{MF} \quad (3.6)$$

BAB 4

METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Umum

Pada bagian ini akan dijelaskan bagaimana alur dari penelitian berlangsung. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Sultan Ageng Tirtayasa dengan panduan standar Spesifikasi Umum Divisi 6 Bina Marga 2018 dan Standar Nasional Indonesia (SNI).

Metode yang digunakan sebagai pengujian campuran adalah metode *Marshall*, dimana di pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa karakteristik campuran yaitu, stabilitas, *flow*, VIM, VFA, VMA dan dapat dihitung *Marshall Quotient*-nya.

Agregat, terak nikel dan aspal sebelumnya diperiksa dengan SNI dan Spesifikasi Umum Divisi 6 Bina Marga 2018. Setelah itu memvariasikan kadar terak nikel yaitu 0%, 30% dan 60%, lalu semua bahan dicampurkan untuk tahap pembuatan benda uji, pengujian benda uji dan bagian akhir akan disajikan pengolahan dan analisis data hasil dari pengujian.

4.2 Persiapan Alat dan Bahan

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Alat uji pengujian agregat, yang digunakan untuk pengujian antara lain : 1 set saringan dan *sieve shaker* yang berguna untuk memisahkan agregat berdasarkan ukuran butirnya, mesin *los angeles abrasion* untuk pengujian keausan agregat kasar dan alat uji berat jenis yaitu *picknometer*, timbangan, oven.
2. Alat pengujian aspal, yang digunakan untuk pengujian aspal antara lain : alat penetrasi, alat titik lembek, alat titik nyala, alat titik bakar, alat kehilangan berat, dan alat berat jenis
3. Alat uji karakteristik campuran, yang digunakan antara lain : alat uji tekan *Marshall*, alat cetak, penumbuk, dongkrak dan *water bath*

Berikut adalah bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Agregat kasar tertahan saringan $\frac{3}{4}$ “ sampai No. 4
3. Agregat halus tertahan saringan No. 8 sampai No. 200
4. Filler yang lolos saringan No. 200
5. Terak nikel yang diambil dari PT. Growth Java Industry

4.3 Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Prosedur pelaksanaan penelitian ini dari data-data berupa data primer yang didapat dari hasil pengujian yang dilakukan sedangkan data sekunder didapat dari literatur, baik dari buku-buku dan jurnal-jurnal terdahulu yang membahas tentang Laston. Adapun prosedur penelitian ini meliputi :

4.3.1 Persiapan

Persiapan yang dilakukan yaitu meliputi studi Pustaka dan persiapan alat dan bahan yang digunakan. Persiapan bahan (aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler*) dilakukan dengan mendatangkan bahan dari sumbernya ke Laboratorium Teknik Sipil FT. Untirta dan menyiapkan bahan-bahan tersebut sebelum digunakan dalam campuran beraspal

4.3.2 Pemeriksaan Aspal

1. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan ini bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pemeriksaan dilakukan dengan cara memasukan jarum standar dengan berat standar pada material aspal pada rentang waktu dan suhu yang standar.

2. Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan berat jenis aspal keras dalam *picknometer*. Berat jenis aspal merupakan perbandingan antara berat aspal dan berat air suling pada isi yang sama pada suhu tertentu.

3. Pemeriksaan Kehilangan Berat

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menetapkan penurunan berat minyak dan aspal dengan cara pemanasan dan tebal tertentu, yang dinyatakan dalam persentase.

4. Pemeriksaan Titik Lembek

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui titik lembek dari suatu aspal. Pengujian menggunakan alat cincin dan bola yang direndam pada dalam air lalu dipanaskan.

5. Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengetahui titik nyala dan titik bakar pada aspal. Titik nyala merupakan salah satu cara untuk menentukan kecenderungan aspal dapat menyala akibat panas dan api. Titik bakar merupakan kecenderungan aspal dapat terbakar akibat panas dan api.

6. Pemeriksaan Daktilitas

Pengujian ini dilakukan pada temperatur $25 \pm 0,5$ °C dengan cara menentukan jarak pemuluran aspal dalam cetakan pada saat putus setelah ditarik dengan kecepatan 50 mm per menit ± 2 mm

7. Pemeriksaan Viskositas

Pemeriksaan ini bertujuan untuk mengukur viskositas apperen aspal minyak ada temperatur yang diinginkan.

Tabel 4.1 Standar Pengujian Karakteristik Aspal

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Penetrasi Aspal	SNI 06-2456-2011
2	Kehilangan Berat	SNI 06-2441-1991
3	Berat Jenis	SNI 06-2441-2011
4	Titik Lembek	SNI 2434-2011
5	Titik Nyala dan Titik Bakar	SNI 2433-2011
6	Daktilitas	SNI 2432-2011
7	Viskositas	SNI 03-6441-2000

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

4.3.3 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat dimaksudkan untuk mengetahui apakah agregat tersebut telah memenuhi standar dan dapat digunakan atau tidak, sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan. Dilakukan pengujian pula pada terak nikel dengan pengujian yang sama dengan agregat alam. Pemeriksaan ini dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Untirta dengan menggunakan metode SNI.

Tabel 4.2 Standar Pengujian Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1969-2008
3	Keausan Agregat	SNI 2417-2008

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

Pada pengujian analisa saringan dilakukan untuk mengetahui gradasi yang ada pada suatu agregat. Pengujian ini menggunakan 1 set saringan dan *sieve shaker*. Dilakukan dengan cara mengayak agregat dengan berat tertentu lalu menimbang di setiap fraksi yang tertahan pada saringan lalu dibuat grafik gradasi.

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air menggunakan timbangan *O-Hauss* sebagai alat penimbang agregat dalam air. Untuk berat jenis yang digunakan pada penelitian ini adalah berat jenis curah kering. Berat jenis curah kering (*bulk*) dapat dihitung dengan cara :

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{B-C} \quad (4.1)$$

Sedangkan untuk penyerapan air dapat dihitung dengan menggunakan cara :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{B-A}{A} \quad (4.2)$$

Keterangan :

- A : berat benda uji kering oven (g)
- B : berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan di udara (g)
- C : berat benda uji dalam air (g)

Pada pengujian keausan agregat, dilakukan dengan menggunakan alat *Los Angeles Abrasion* sebagai alat yang berputar dan akan mengikis atau menggesek agregat hingga terjadi keausan. Keausan agregat bias dihitung dengan cara :

$$\text{Keausan} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (4.3)$$

Keterangan :

a : berat benda uji semula (g)

b : berat benda uji tertahan saringan No. 12 (g)

Tabel 4.3 Standar Pengujian Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa Saringan	SNI ASTM C136-2012
2	Berat Jenis dan Penyerapan Air	SNI 1969-2008

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

Pada pengujian analisa saringan untuk agregat halus, menggunakan metode yang sama dengan agregat kasar. Namun yang berbeda adalah ukuran saringan yang digunakan jauh lebih kecil dibandingkan dengan agregat kasar. Agregat halus menggunakan saringan no. 4; no. 8; no. 16; no. 30; no. 50; no. 100; no. 200.

Pada pengujian berat jenis dan penyerapan air, menggunakan *picknometer* sebagai pengukur volume dari agregat. Untuk berat jenis yang digunakan adalah berat jenis curah kering. Berikut adalah rumus untuk menghitung berat jenis curah kering (*bulk*) :

$$\text{Berat jenis curah kering} = \frac{A}{(B+S-C)} \quad (4.4)$$

Sedangkan untuk menghitung penyerapan air pada agregat halus menggunakan rumus :

$$\text{Penyerapan air} = \frac{S-A}{A} \quad (4.5)$$

Keterangan :

A : berat benda uji kering oven (g)

B : berat *picknometer* yang berisi air (g)

C : berat *picknometer* dengan benda uji dan air sampai batas pembacaan (g)

S : berat benda uji kondisi jenuh kering permukaan (g)

4.3.4 Perencanaan Gradasi

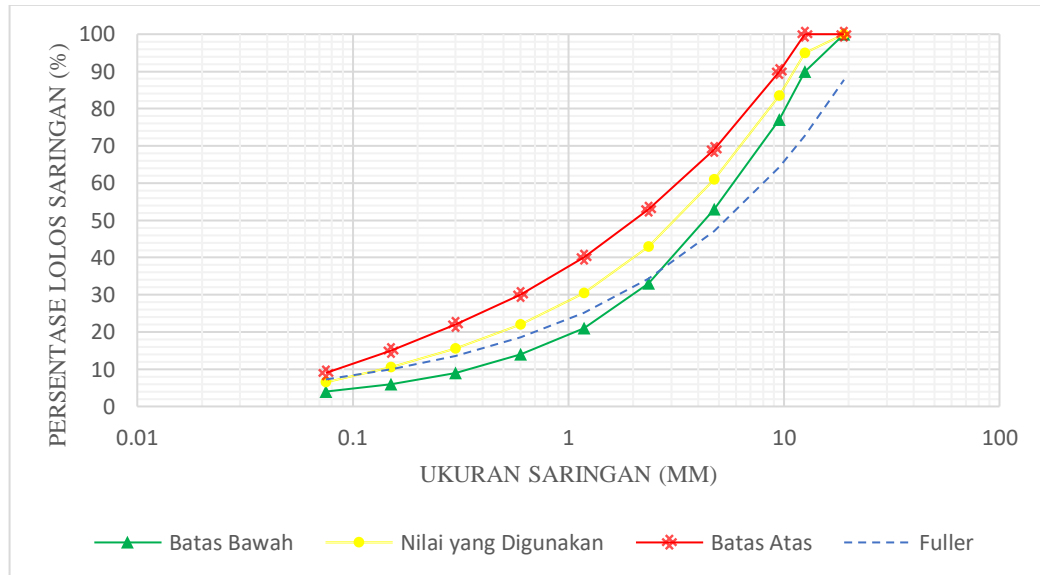
Pada penelitian ini menggunakan gradasi agregat lapis aus (AC-WC). Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam persentase agregat

lolos saringan terhadap berat total setelah pengujian analisa saringan, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Analisa Saringan

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix Asphalt (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90 - 100
¾"	19		100	90 - 100	100	100	100	90 - 100	76 - 90
½"	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	90 - 100	90 - 100	75 - 90	60 - 78
⅜"	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	75 - 85	65 - 90	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28			53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	50 - 72	35 - 55	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21					21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	12 - 18			35 - 60	15 - 35	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	10 - 15					9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150						6 - 15	5 - 13	4 - 10
No.200	0,075	8 - 12	8 - 11	8 - 11	6 - 10	2 - 9	4 - 9	4 - 8	3 - 7

(Sumber : Spesifikasi Umum Untuk Konstruksi Jalan dan Jembatan Bina Marga, 2018)



Gambar 4.1 Grafik Gradasi Agregat

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

4.3.5 Kadar Aspal Perkiraan

Pada penelitian ini menggunakan 3 variasi kadar terak nikel yaitu 0%, 20%, 60% dan 5 variasi kadar aspal yaitu 1 kadar aspal rencana, 4 kadar aspal dibawah dan di atas kadar aspal rencana dan menggunakan kadar aspal optimum seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.5 sehingga keseluruhan benda uji sebanyak 54 benda uji.

Tabel 4.5 Jumlah Benda Uji

Kadar Aspal	Pb-1	Pb-0,5	Pb	Pb+0,5	Pb+1	Total
0%						
Marshall Rendaman	3	3	3	3	3	15
KAO	3					3
20%						
Marshall Rendaman	3	3	3	3	3	15
KAO	3					3
60%						
Marshall Rendaman	3	3	3	3	3	15
KAO	3					3
Total Benda Uji						54

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

4.3.6 Metode Pembuatan Benda Uji

Metode pencampuran yang digunakan adalah metode pada umumnya yaitu kering atau mencampurkan aspal panas dan bahan-bahan lain seperti agregat kasar, agregat halus dan *filler*.

4.3.6.1 Perencanaan Campuran

1. Menghitung perkiraan awal kadar aspal (Pb) dengan persamaan (3.1)
2. Setelah didapat nilai kadar aspal, selanjutnya berat jenis maksimum dihitung dengan mengambil data dari percobaan berat jenis agregat halus dan agregat kasar.
3. Jika semua data telah didapatkan, yang dilakukan berikutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal dan berat agregat berdasarkan gradasi tabel 4.4

4.3.6.2 Proses Pencampuran Benda Uji

1. Memanaskan 30omog pencampur beserta agregat kasar, agregat halus dan *filler* dan diaduk sampai suhu sesuai dengan suhu pencampuran.

2. Saat memanaskan agregat, diaduk secara konsisten guna menghindari penggumpalan
3. Setelah homogen dan suhu sudah mencapai suhu pencampuran, tuangkan aspal yang sudah dipanaskan sesuai dengan kadar yang direncanakan
4. Mengaduk campuran dengan cepat sampai semua campuran merata dan agregat sudah terselimuti oleh aspal
5. Melakukan pemadatan sampel sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisinya menggunakan alat penumbuk
6. Mendinginkan benda uji supaya keras sebelum mengeluarkannya dari cetakan selama ± 24 jam
7. Mengukur ketebalan, menimbang dan merendam benda uji pada suhu normal selama 24 jam
8. Menimbang kembali di kondisi SSD
9. Rendam selama 30 menit di *water bath* sebelum pengujian *Marshall*.

4.3.6.3 Uji Marshall

Pengujian ini dilakukan dengan alat *Marshall* sesuai dengan prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90 yaitu dengan meletakkan benda uji ke dalam segmen bawah alat *Marshall*, waktu yang diperlukan dari saat diangkat dari *water bath* maksimum tidak boleh lebih dari 30 detik. Kemudian benda uji dibebani dengan kecepatan sekitar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai lalu catat beban stabilitas dan *flow*-nya.

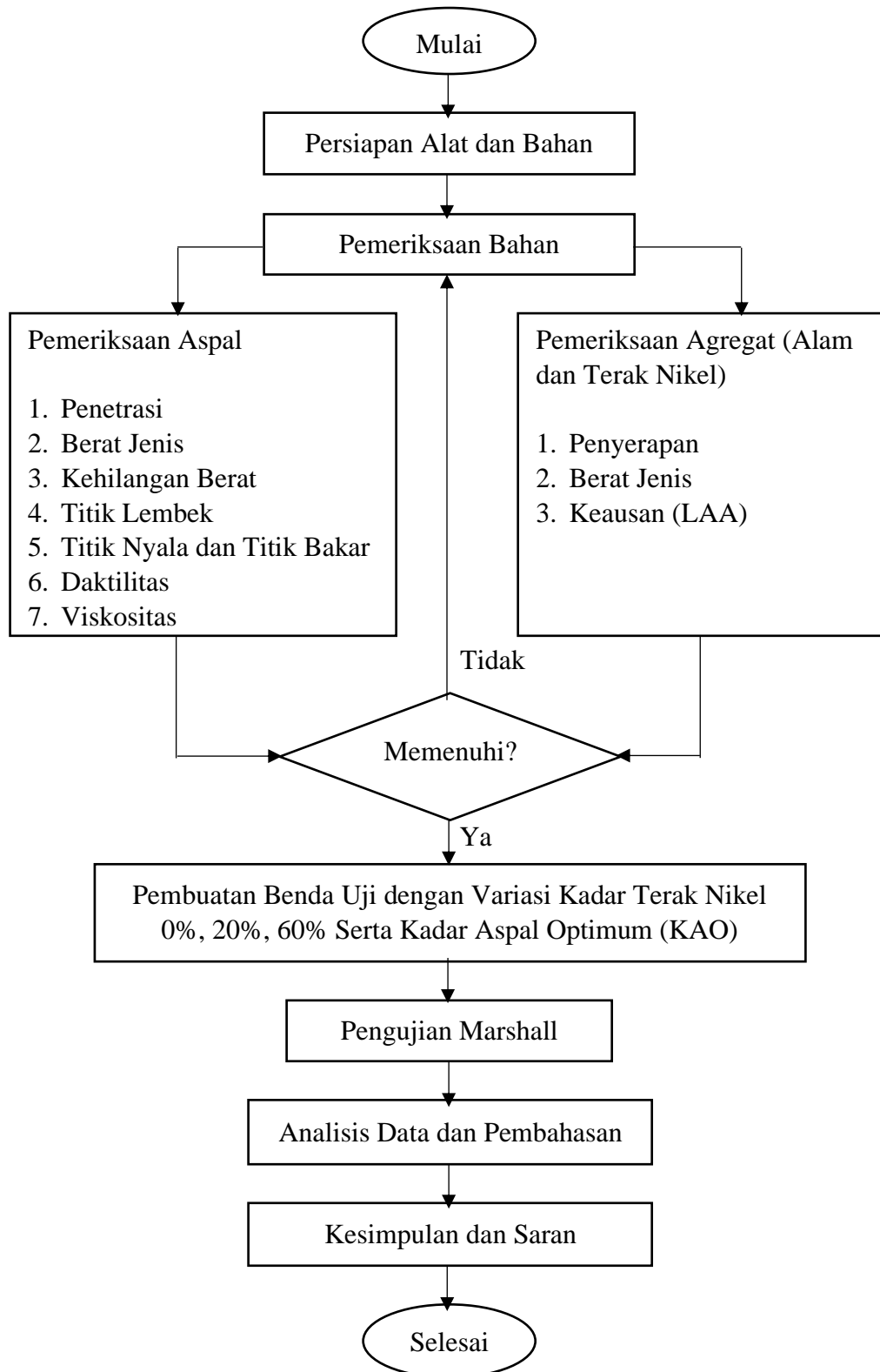
4.3.6.4 Analisa Data dan Penentuan KAO

Dari hasil penelitian di Laboratorium akan diperoleh nilai parameter *Marshall*. Dari hasil tersebut digunakan untuk mencari Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan digunakan pada *mix design* berikutnya.

4.3.7 Pembahasan dan Analisis Hasil

Dari data hasil penelitian di Laboratorium akan menghasilkan nilai stabilitas dan karakteristik campuran lainnya. Dari hasil tersebut akan dibandingkan campuran dengan terak nikel dan tanpa terak nikel. Kemudian akan terlihat apakah terak nikel cocok untuk substitusi agregat pada campuran AC-WC dengan membandingkan nilai stabilitas dan karakteristik campuran lainnya.

4.4 Diagram Alir



Gambar 4.2 Diagram Alir Penyusunan Skripsi

(Sumber : Analisis Penulis, 2022)

4.5 Jadwal Penelitian

No	Tahapan	November				Desember				Januari				Februari				Maret				April				Mei				Juni				Juli					
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
Penyusunan Skripsi																																							
1	Pengajuan Judul																																						
2	Penyusunan Proposal																																						
3	Seminar Proposal																																						
4	Revisi Seminar Proposal																																						
5	Pelaksanaan Penelitian																																						
6	Input Data																																						
7	Penyusunan Bab 5 dan 6																																						
8	Seminar Hasil																																						
9	Revisi Seminar Hasil																																						
10	Seminar Akhir																																						
11	Revisi/Finalisasi																																						
KETERANGAN																																							
Bimbingan Skripsi																																							
1	Bimbingan 1		x																																				
2	Bimbingan 2						x																																
3	Bimbingan 3							x																															
4	Bimbingan 4								x																														
5	Bimbingan 5									x																													
6	Bimbingan 6																																						
7	Bimbingan 7																																						
8	Bimbingan 8																																						
9	Bimbingan 9																																						
10	Bimbingan 10																																						
11	Bimbingan 11																																						
12	Bimbingan 12																																						
13	Bimbingan 13																																						
14	Bimbingan 14																																						

Gambar 4.3 Jadwal Penelitian Skripsi

(Sumber : Data Pribadi, 2022)

BAB 5

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisa Pengujian Karakteristik Material

Pengujian karakteristik material yang terdiri dari :

1. Berat jenis dan penyerapan air agregat (alam dan terak nikel)
2. Keausan dengan mesin *Los Angeles Abration* (alam dan terak nikel)
3. Penetrasi aspal
4. Kehilangan berat
5. Berat jenis aspal
6. Titik lembek aspal
7. Titik nyala dan titik bakar aspal
8. Daktilitas aspal
9. Viskositas aspal

Pengujian-pengujian di atas dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Pemeriksaan karakteristik material dilakukan untuk memeriksa kelayakan dari material yang digunakan.

5.1.1 Analisa Karakteristik Agregat

Agregat yang digunakan pada pengujian karakteristik adalah agregat alam dan agregat terak nikel. Setiap agregat terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Agregat kasar adalah agregat yang tertahan pada saringan No. 4 atau agregat yang dengan diameter lebih dari 4,75 mm. Sedangkan, agregat halus adalah agregat yang lolos dari saringan No. 4 dengan diameter lubang 4,75 mm dan tertahan pada saringan No. 200 dengan diameter lubang 0,075 mm. Berikut adalah analisa pengujian karakteristik agregat :

a. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Alam

Berat jenis adalah perbandingan berat dengan berat air atau volume dari agregat tersebut. Berat jenis dibutuhkan untuk menghitung komposisi agregat yang dibutuhkan untuk campuran beraspal. Berikut adalah hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat kasar.

Tabel 5.1 Berat Jenis Agregat Kasar Alam

BJ Kasar Agregat Alam				
Uraian	I	II	III	Rata-rata
BJ Bulk	2.719	2.660	2.663	2.681
BJ SSD	2.751	2.688	2.699	2.712
BJ App	2.809	2.736	2.761	2.769
Penyerapan (%)	1.176	1.044	1.336	1.185

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata berat jenis seperti pada Tabel 5.1. Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah berat jenis *bulk* atau berat jenis curah kering. Rata-rata berat jenis yang didapat adalah sebesar 2,681 Sedangkan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 1,185%.



Gambar 5.1 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Alam

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Nilai berat jenis akan berpengaruh pada berat agregat. Jika berat jenis agregat semakin besar, maka semakin besar pula berat agregat tersebut. Namun semakin besar berat jenis, semakin kecil volume agregat tersebut. Dilihat dari rumus berat jenis, volume berbanding terbalik dengan berat jenis. Nilai berat jenis juga digunakan untuk menentukan berat pada setiap fraksi yang akan digunakan nantinya.

b. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar Terak Nikel

Berat jenis dihitung untuk menentukan perbandingan berat dengan volumenya. Jika berat jenisnya besar maka suatu material akan semakin berat. Pada pengujian ini,

terak nikel diuji berat jenisnya untuk menentukan komposisi pada campuran beraspal nantinya. Berikut adalah hasil pengujian yang dilakukan.

Tabel 5.2 Berat Jenis Agregat Kasar Terak Nikel

BJ Kasar Agregat Terak Nikel				
Uraian	I	II	III	Rata-rata
BJ Bulk	2.909	2.906	2.916	2.910
BJ SSD	2.912	2.914	2.926	2.917
BJ App	2.917	2.931	2.945	2.931
Penyerapan (%)	0.101	0.303	0.343	0.249

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata berat jenis seperti pada Tabel 5.2. Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah berat jenis *bulk* atau berat jenis curah kering. Rata-rata berat jenis yang didapat adalah sebesar 2,91. Sedangkan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 0,249%.



Gambar 5.2 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar Terak Nikel

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Nilai berat jenis akan berpengaruh pada berat yang dibutuhkan pada saat menghitung komposisi campuran. Jika dibandingkan, berat jenis terak nikel lebih besar dibandingkan berat jenis agregat alam. Hal ini menyebabkan berat dari terak nikel, lebih berat dari agregat alam.

c. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Alam

Berat jenis agregat halus juga dibutuhkan untuk penentuan kebutuhan komposisi campuran. Agregat yang diklasifikasi sebagai agregat halus adalah agregat yang lolos dari saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200. Dengan kata lain,

agregat dengan ukuran 0,075 – 4,75 mm. Berikut adalah hasil dari pengujian berat jenis dan penyerapan air agregat halus.

Tabel 5.3 Berat Jenis Agregat Alam Halus

Berat Jenis Halus Agregat Alam			
Uraian	I	II	III
Berat Benda Uji Permukaan Jenuh (g)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (g)	487.5	487	488.5
Berat Picnometer Diisi Air (g)	780	774	784.5
Berat Picnometer + Benda Uji SSD + Air 25°C (g)	1086	1085.5	1092.5
BJ Bulk	2.513	2.584	2.544
BJ SSD	2.577	2.653	2.604
BJ App	2.686	2.775	2.706
Penyerapan (%)	2.564	2.669	2.354

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata berat jenis seperti pada Tabel 5.3. Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah berat jenis *bulk* atau berat jenis curah kering. Rata-rata berat jenis yang didapat adalah sebesar 2,541. Sedangkan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 2,529%.



Gambar 5.3 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Alam

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Jika berat jenis agregat semakin besar, maka semakin besar pula berat agregat tersebut. Namun semakin besar berat jenis, semakin kecil volume agregat tersebut. Dilihat dari rumus berat jenis, volume berbanding terbalik dengan berat jenis. Nilai berat jenis juga digunakan untuk menentukan berat pada setiap fraksi yang akan digunakan nantinya.

d. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus Terak Nikel

Agregat halus adalah agregat yang diameternya lebih kecil dari pada agregat kasar. Agregat halus memiliki diameter kurang dari 4,75 namun lebih besar dari 0,075 mm. Agregat halus berfungsi untuk mengisi rongga yang diakibatkan oleh penambahan agregat kasar. berikut adalah hasil pengujian dari berat jenis agregat halus terak nikel.

Tabel 5.4 Berat Jenis Agregat Terak Nikel Halus

Berat Jenis Halus Agregat Terak		
Uraian	I	II
Berat Benda Uji Permukaan Jenuh (g)	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (g)	493	496
Berat Picnometer Diisi Air (g)	771	780
Berat Picnometer + Benda Uji SSD + Air 25°C (g)	1088.5	1107.5
BJ Bulk	2.701	2.875
BJ SSD	2.740	2.899
BJ App	2.809	2.944
Penyerapan (%)	1.420	0.806

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 2 kali pengujian didapat hasil rata-rata berat jenis seperti pada Tabel 5.2. Berat jenis yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah berat jenis *bulk* atau berat jenis curah kering. Rata-rata berat jenis yang didapat adalah sebesar 2,788. Sedangkan untuk penyerapan air didapat rata-rata sebesar 1,113%. Nilai berat jenis akan berpengaruh pada berat agregat.



Gambar 5.4 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus Terak Nikel

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Nilai berat jenis akan berpengaruh pada berat yang dibutuhkan pada saat menghitung komposisi campuran. Jika dibandingkan, berat jenis terak nikel lebih

besar dibandingkan berat jenis agregat alam. Hal ini menyebabkan berat dari terak nikel, lebih berat dari agregat alam.

e. Keausan dengan Mesin *Los Angeles Abration* Agregat Alam

Keausan agregat adalah kemampuan suatu agregat menahan gesekan yang terjadi. Jika nilai keausan yang didapat besar maka, agregat akan mudah hancur atau rapuh. Berikut adalah hasil pengujian abrasi dengan mesin LAA.

Tabel 5.5 Hasil Pengujian Keausan dengan Mesin LAA (Agregat Alam)

LAA Agregat Alam				
Gradasi Pemeriksaan		Batu Pecah		
Saringan		Hasil Pengujian		
Lewat	Tertahan	Berat Sebelum, a (g)		
3/4	1/2	2500	2500	2500
1/2	3/8	2500	2500	2500
Jumlah Berat		5000	5000	5000
Berat Sesudah, b (g)		4024	4028.5	4047
a - b		976	971.5	953
LAA Agregat Alam				
Keausan (%)		19.52	19.43	19.06
Keausan Rata-Rata (%)		19.337		

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata keausan agregat seperti pada Tabel 5.3. Nilai keausan agregat sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018. Bina Marga mensyaratkan nilai keausan <40%.



Gambar 5.5 Pengujian Keausan Dengan Menggunakan Mesin LAA Agregat Alam

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Nilai keausan ini berpengaruh pada kekuatan agregat tersebut dalam menahan gesekan dan benturan. Semakin besar nilai keausannya, maka semakin lemah agregat tersebut untuk menahan gesekan dan benturan.

f. Keausan dengan Mesin *Los Angeles Abrasion* Agregat Alam

Pengujian keausan juga dilakukan pada terak nikel. Pengujian ini ditujukan untuk pengecekan nilai keausan terak nikel terhadap syarat nilai keausan. Pengujian ini dilakukan karena terak nikel akan dijadikan bahan pengganti dari agregat alam maka semua pengujian untuk agregat alam harus lakukan juga pada terak nikel. Berikut adalah hasil dari pengujian keausan terak nikel.

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Keausan dengan Mesin LAA (Agregat Terak Nikel)

LAA Agregat Terak			
Gradasi Pemeriksaan		Batu Pecah	
Saringan		Hasil Pengujian	
Lewat	Tertahan	Berat Sebelum, a (g)	
3/4	1/2	2500	2500
1/2	3/8	2500	2500
Jumlah Berat		5000	5000
Berat Sesudah, b (g)		3847	3791.5
a - b		1153	1208.5
Keausan (%)		23.06	24.17
Keausan Rata-Rata (%)		23.615	

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata keausan agregat seperti pada Tabel 5.3. Nilai keausan agregat sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018. Bina Marga mensyaratkan nilai keausan <40%.



Gambar 5.6 Pengujian Keausan Dengan Menggunakan Mesin LAA Agregat Terak Nikel

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Nilai keausan terak nikel lebih besar dari agregat alam. Keausan terak nikel sebesar 23,615% sedangkan agregat alam sebesar 19,337% terdapat 4,278% perbedaan pada kedua jenis agregat tersebut. Hal ini dipengaruhi dari bentuk terak nikel yang sedikit berongga yang mengakibatkan terak nikel sedikit lebih mudah untuk hancur saat terkena tumbukan atau gesekan. Namun terak nikel masih memenuhi syarat keausan yaitu $<40\%$

g. Pengujian TCLP Terak Nikel

Toxicity Characteristic Leaching Procedure (TCLP) merupakan sebuah metode pengujian kadar metal seperti kandungan logam berat yang dapat terurai dan mencemari lingkungan. Pengujian TCLP dilakukan umumnya berdasarkan standar USEPA 1992 SW 846-1311 untuk mengukur jumlah kadar logam berat dan potensi penggunaan limbah padat industri *ferrous* dan *non-ferrous* pada terak nikel. (Ibnu Jamil Khairi, 2020).

Terak nikel awalnya digolongkan pada limbah B3. Namun 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).

Tabel 5.7 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 Kementerian 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 (PUPR, 2022).

5.1.2 Analisa Karakteristik Aspal

Ada 7 karakteristik aspal yang akan diuji antara lain : penetrasi aspal, kehilangan berat, berat jenis aspal, titik lembek, daktilitas, viskositas, titik nyala dan titik bakar. Pengujian-pengujian tersebut menggunakan prosedur yang ada pada Standar Nasional Indonesia dan Spesifikasi Bina Marga tahun 2018. Berikut adalah analisa pengujian karakteristik aspal.

a. Penetrasi Aspal

Penetrasi aspal adalah pengujian untuk menentukan tingkat kekerasan aspal. Pada pengujian ini, aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70. Berikut adalah hasil pengujian penetrasi aspal.

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Penetrasi Aspal

Penetrasi Pada Suhu 25°C, Beban 100 g Selama 5 detik	I	II	III
Pengamatan I	65	63	63
Pengamatan II	63	67	70
Pengamatan III	61	61	68
Pengamatan IV	64	64	66
Pengamatan V	70	69	61
Pengamatan VI	68	66	64
Rata-Rata	65.2	65.0	65.3

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata penetrasi aspal seperti pada Tabel 5.5. Didapat nilai rata-rata dari pengujian 1 sebesar 65,2; pengujian 2 sebesar 65; dan pengujian 3 sebesar 65,3 menandakan nilai penetrasi aspal masih pada rentang nilai 60-70. Nilai-nilai tersebut adalah nilai penurunan jarum penetrasi dengan beban 100 g selama 5 detik. Nilai penetrasi ini sudah sesuai dengan spesifikasi aspal 60/70. Pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan atau konsistensi aspal yang akan digunakan. Jika semakin besar nilai penetrasi maka aspal semakin lembek atau tidak konsisten dan mudah berubah bentuk. Jika aspal terlalu lembek, maka campuran tidak akan mampu untuk menahan beban yang besar karena akan mudah untuk berdeformasi.



Gambar 5.7 Pengujian Penetrasi Aspal

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

b. Kehilangan Berat

Pengujian kehilangan berat ini bertujuan untuk mengetahui tingkat penurunan berat aspal saat diberikan suhu tertentu. Tingkat kehilangan ini dinyatakan dalam bentuk persentase perubahan berat sebelum dan setelah dipanaskan. Berikut adalah hasil pengujian kehilangan berat aspal.

Tabel 5.9 Hasil Pengujian Kehilangan Berat Aspal

Uraian	I	II	III
Berat Cawan + Aspal Keras (g)	88	88	88
Berat Cawan Kosong (g)	33	33	33
Berat Aspal Keras (g)	50	50	50
Berat Sebelum Pemanasan (g)	88	88	88
Berat Sesudah Pemanasan (g)	87.75	87.78	87.92
Berat Endapan (g)	0.25	0.22	0.08
Kehilangan Berat Aspal (%)	0.28	0.25	0.09
Rata-rata	0.21		

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari 3 kali pengujian didapat hasil rata-rata kehilangan berat aspal seperti pada Tabel 5.6. Nilai kehilangan berat aspal ini sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yang mensyaratkan nilai kehilangan berat sebesar $<0,8\%$. Pengujian ini dilakukan guna mengetahui kehilangan berat aspal pada suhu 163°C . Pengujian ini penting untuk memastikan aspal tidak kehilangan berat yang signifikan. Jika berat yang hilang terlalu besar, akan mengakibatkan berkurangnya kadar aspal setelah terkena suhu tinggi.



Gambar 5.8 Pengujian Kehilangan Berat

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

c. Berat Jenis Aspal

Pengujian berat jenis bertujuan untuk menentukan nilai berat jenis yang akan digunakan pada rencana gradasi campuran aspal. Selain itu, berat jenis aspal juga digunakan untuk pengecekan kelayakan aspal yang akan digunakan. Berikut adalah hasil dari pengujian berat jenis aspal.

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Berat Jenis Aspal

Uraian	I
Berat Picnometer (g)	34.5
Berat Picnometer + Air (g)	130.5
Berat Picnometer + Benda Uji (g)	113.5
Berat Picnometer + Benda Uji + Air (g)	131.5
BJ Aspal	1.013

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari pengujian didapat hasil berat jenis aspal seperti pada Tabel 5.7. Nilai berat jenis aspal ini sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yang mensyaratkan berat jenis aspal sebesar >1 . Berat jenis aspal diuji untuk menentukan berat aspal yang dibutuhkan pada campuran nantinya. Jika berat jenis aspal memiliki nilai yang tinggi, maka berat aspal pada campuran juga akan semakin berat.



Gambar 5.9 Pengujian Berat Jenis Aspal

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

d. Titik Lembek Aspal

Titik lembek adalah besarnya suhu yang dibutuhkan untuk membuat aspal menjadi lembek atau lunak. Pengujian ini bertujuan untuk pengecekan kelayakan aspal yang akan digunakan. Berikut adalah hasil dari pengujian titik lembek aspal.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Titik Lembek

Titik Lembek (°C)	Titik Lembek (°C)
48	50

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari pengujian didapat hasil titik lembek seperti pada Tabel 5.8. Nilai yang didapatkan pada pengujian 1 sebesar 48°C dan pengujian 2 sebesar 50°C. Nilai suhu tersebut adalah nilai titik lembek dari aspal yang digunakan. Titik lembek adalah suhu yang dibutuhkan untuk aspal berubah bentuk dari padat menjadi lembek. Nilai titik lembek aspal ini sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yang mensyaratkan titik lembek aspal sebesar >48°C. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui titik lembek dari suatu aspal. Jika suhu yang didapatkan pada titik lembek bernilai kecil, maka aspal akan mudah menjadi lembek atau tingkat kekerasannya menjadi berkurang yang mana akan merugikan untuk campuran.



Gambar 5.10 Pengujian Titik Lembek

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

e. Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal

Titik nyala dan titik bakar adalah besarnya suhu yang dibutuhkan aspal untuk memercikan api dan terbakar. Pengujian ini juga bertujuan untuk pengecekan kelayakan aspal yang akan digunakan. Berikut adalah hasil dari pengujian titik nyala dan titik bakar aspal.

Tabel 5.11 Hasil Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Titik Nyala (°C)	Titik Bakar (°C)
325	340

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari pengujian didapat hasil titik nyala dan titik bakar seperti pada Tabel 5.9. Titik nyala yang didapat pada pengujian adalah sebesar 325°C sedangkan titik bakar yang didapat adalah sebesar 340°C yang artinya aspal akan menimbulkan percikan api pada suhu 325°C dan aspal akan terbakar pada suhu 340°C. Nilai titik nyala aspal ini sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yang mensyaratkan titik nyala aspal sebesar >232°C. Pengujian ini bertujuan untuk menentukan nilai titik nyala dan titik bakar. Jika nilai titik bakar semakin rendah, maka aspal akan sangat mudah terbakar dan jika itu terjadi, maka campuran aspal akan menjadi berbahaya karena mudah terbakar.



Gambar 5.11 Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

f. Daktilitas Aspal

Daktilitas adalah pengujian pemuluran dari suatu aspal. Semakin besar pemuluran yang terjadi maka, aspal tersebut semakin daktail. Berikut adalah hasil dari pengujian daktilitas aspal.

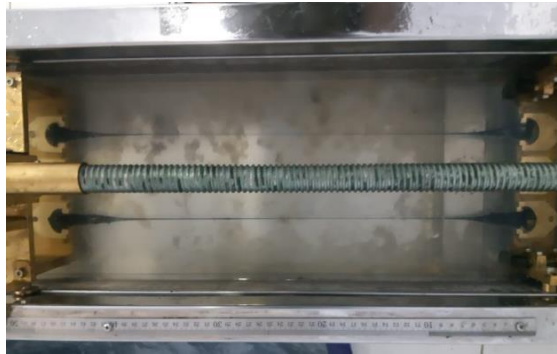
Tabel 5.13 Hasil Pengujian Daktilitas Aspal

Sampel Daktilitas	Panjang Pengujian (cm)
I	120
II	95
III	112
Rata-Rata	109

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari pengujian didapat hasil daktilitas seperti pada Tabel 5.10. Nilai daktilitas aspal ini sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yang mensyaratkan daktilitas aspal sebesar >100 cm. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan aspal untuk memulur atau memanjang. Panjangnya pemuluran dipengaruhi oleh tingkat

kelekatan aspal. Semakin panjang pemulurannya maka semakin besar tingkat kelekatan aspal. Dengan kelekatan aspal yang tinggi, maka campuran akan semakin kuat karena aspal adalah pengikat dari agregat pada campuran.



Gambar 5.12 Pengujian Daktilitas Aspal

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

g. Viskositas Aspal

Viskositas adalah nilai keenceran dari suatu aspal. Semakin encer suatu aspal maka, semakin cepat waktu yang didapat dari pengujian viskositas ini. Berikut adalah hasil pengujian viskositas aspal.

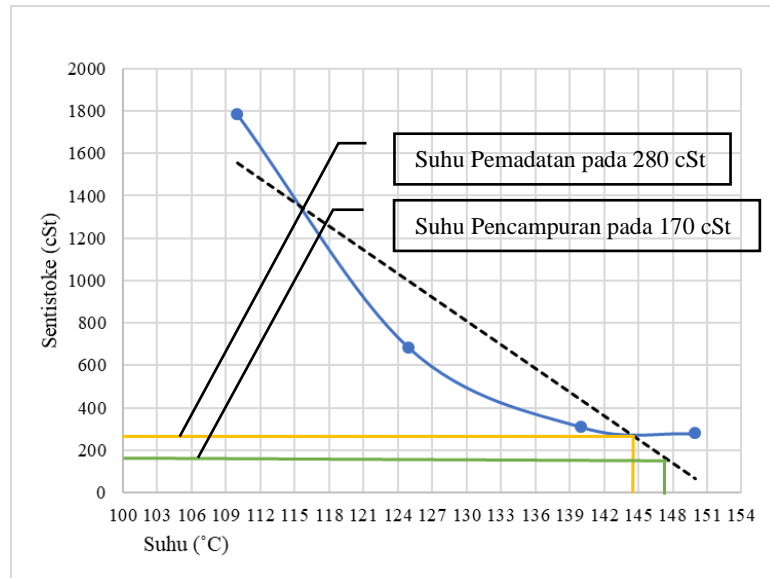
Tabel 5.14 Hasil Pengujian Viskositas Aspal

Suhu (°C)	Waktu (s)	Faktor Koreksi	cSt
110	817	2.180	1781.06
125	312	2.180	680.16
140	142	2.180	309.56
150	99	2.810	278.19

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari pengujian didapat hasil viskositas seperti pada Tabel 5.10. Nilai viskositas aspal ini sudah memenuhi syarat Bina Marga 2018 yang mensyaratkan viskositas aspal sebesar $>300\text{cSt}$. Jika waktu yang didapat bernilai kecil, maka aspal akan semakin cair. Aspal dengan nilai viskositas yang rendah akan berpengaruh pada suhu pemadatan dan suhu pencampuran. Semakin kecil viskositasnya, maka semakin kecil suhu yang dibutuhkan untuk pemadatan dan pencampuran.

Dari hasil tersebut dibuat grafik untuk menentukan suhu pemadatan dan pencampuran. Berikut adalah grafik viskositas aspal.



Gambar 5.13 Grafik Viskositas Aspal

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Grafik di atas berguna untuk menentukan perkiraan suhu pencampuran dan perkiraan suhu pemadatan. Berdasarkan RSNI M-01-2003 pada tabel 1 suhu tersebut ditentukan dari nilai 170 cSt dan 280 cSt. Saat 170 cSt didapat suhu 147°C sebagai suhu pencampuran dan saat 280 cSt didapat suhu 144°C sebagai suhu pemadatan.



Gambar 5.14 Pengujian Viskositas

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.2 Perencanaan Campuran Aspal Beton

Pada sub bab ini adalah penjelasan tentang perhitungan kebutuhan material agregat alam dan terak nikel yang akan digunakan untuk campuran beraspal. Sesuai dengan perencanaan awal, peneliti akan membuat 54 benda uji sesuai dengan Tabel 4.5. Dalam merencanakan campuran, dibutuhkan beberapa data seperti berat jenis aspal, berat jenis agregat alam dan berat jenis agregat terak nikel. Berikut adalah contoh perhitungan kebutuhan material.

Pertama adalah menentukan gradasi yang digunakan. Gradasi yang peneliti gunakan adalah nilai tengah dari grafik gradasi yang ada di Bina Marga seperti pada Gambar 4.1. Dari grafik tersebut didapat nilai tengah dari batas atas dan batas bawah gradasi tersebut. Berikut adalah nilai tengah dari masing-masing saringan.

Tabel 5.15 Nilai Tengah Gradasi

Nomor/ Ukuran Saringan		Nilai Tengah Gradasi (Gradasi Rencana)
inch	mm	(%)
3/4"	19	100.0
1/2"	12.5	95.0
3/8"	9.52	83.5
No. 4	4.76	61.0
No. 8	2.36	43.0
No. 16	1.18	30.5
No. 30	0.6	22.0
No. 50	0.3	15.5
No. 100	0.15	10.5
No. 200	0.075	6.5

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari nilai tengah gradasi di atas, dapat dihitung persentase tertahan pada setiap saringannya. Perhitungan ini ditujukan untuk mendapatkan gradasi yang tepat sesuai dengan Bina Marga 2018. Persentase tertahan dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Persentase tertahan} = 100 - N. \text{ tengah} - \sum \% \text{tertahan saringan di atasnya} \quad (5.1)$$

Sebagai contoh, persentase tertahan pada saringan No.16 sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Persentase tertahan No. 16} &= 100 - 30,5 - 5 - 11,5 - 22,5 - 18 \\ &= 12,5\% \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan persentase berat tertahan.

Tabel 5.16 Persentase Tertahan Gabungan

Nomor/ Ukuran Saringan		Persentase Tertahan Gabungan
inch	mm	(%)
3/4"	19	0.0
1/2"	12.5	5.0
3/8"	9.52	11.5
No. 4	4.76	22.5
No. 8	2.36	18.0
No. 16	1.18	12.5
No. 30	0.6	8.5
No. 50	0.3	6.5
No. 100	0.15	5.0
No. 200	0.075	4.0
PAN		6.5

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Selanjutnya adalah perhitungan berat agregat setiap saringan. Berikut adalah rumus yang digunakan.

$$\text{Berat Agregat} = \% \text{tertahan} \times \text{berat total agregat} \quad (5.2)$$

Sebagai contoh, berikut adalah perhitungan berat agregat pada saringan no. 8.

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat saringan No. 8} &= 18\% \times 1152 \\ &= 207,36 \text{ g} \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan berat agregat disetiap saringannya.

Tabel 5.17 Berat Agregat Setiap Saringan

Nomor/ Ukuran Saringan		Berat Agregat (kg)
inch	mm	
3/4"	19	0.000
1/2"	12.5	57.600
3/8"	9.52	132.480
No. 4	4.76	259.200
No. 8	2.36	207.360
No. 16	1.18	144.000
No. 30	0.6	97.920
No. 50	0.3	74.880
No. 100	0.15	57.600
No. 200	0.075	46.080
PAN		74.880

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Tahap perhitungan selanjutnya adalah mengonversi berat tersebut menjadi volume dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Volume agregat} = \frac{\text{berat agregat}}{\text{berat jenis agregat bulk}} \quad (5.3)$$

Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk membagi secara rata persentase agregat alam dengan agregat terak nikel yang akan ditambahkan nantinya. Berikut adalah contoh dari perhitungan volume agregat pada saringan No. 30.

$$\begin{aligned} \text{Volume Agregat} &= \frac{102}{2,547} \\ &= 40,047 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Berikut adalah hasil dari perhitungan volume agregat.

Tabel 5.18 Volume Agregat

Nomor/ Ukuran Saringan		Volume Agregat (mm ³)
inch	mm	
3/4"	19	0.000
1/2"	12.5	22.380

Nomor/ Ukuran Saringan		Volume Agregat (mm ³)
inch	mm	
3/8"	9.52	51.473
No. 4	4.76	100.709
No. 8	2.36	84.806
No. 16	1.18	58.893
No. 30	0.6	40.047
No. 50	0.3	30.624
No. 100	0.15	23.557
No. 200	0.075	18.846
PAN		30.624

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Perhitungan selanjutnya adalah perhitungan berat terak nikel. Berat terak nikel tergantung pada persentase terak yang akan digunakan. Contohnya pada persentase terak nikel 60% maka dari volume agregat diambil 60% menjadi volume terak nikel. Lalu dikonversi kembali menjadi satuan berat dengan cara mengalikan volume terak nikel dengan berat jenisnya. Berikut adalah rumus perhitungan berat nikel.

$$\text{Berat Terak Nikel} = \% \text{terak} \times \text{vol. agregat} \times \text{B.J. terak} \quad (5.4)$$

Dari rumus di atas, maka didapat hasil sebagai berikut.

Tabel 5.19 Berat Terak Nikel

Nomor/ Ukuran Saringan		Volume Terak (60%)	Berat Terak (60% Volume)
inch	mm		
3/4"	19	0.000	0.0
1/2"	12.5	12.891	37.5
3/8"	9.52	29.649	86.3
No. 4	4.76	58.008	168.8
No. 8	2.36	48.848	136.2
No. 16	1.18	33.922	94.6
No. 30	0.6	23.067	64.3
No. 50	0.3	17.640	49.2
No. 100	0.15	13.569	37.8

Nomor/ Ukuran Saringan		Volume Terak (60%)	Berat Terak (60% Volume)
inch	mm		
No. 200	0.075	10.855	30.3
PAN		17.640	49.2

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari semua variasi aspal dan variasi persentase terak nikel, dihitung kebutuhan masing-masing agregat yang dibutuhkan. Berikut adalah contoh rekapitulasi yang dihasilkan dari perhitungan tersebut.

Tabel 5.20 Rekapitulasi Perhitungan Kebutuhan Agregat

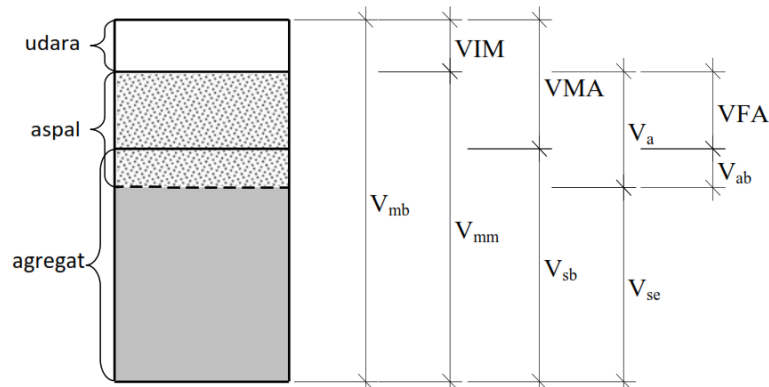
Nomor/ Ukuran Saringan		Berat Agregat (kg)	Volume Agregat (cm ³)	Volume Terak (60%)	Berat Terak (60% Volume)	Berat Agregat (40% volume)	Total
inch	mm	4.0%					
3/4"	19	0.000	0.000	0.000	0.0	0.0	0.00
1/2"	12.5	57.600	21.485	12.891	37.5	23.0	60.55
3/8"	9.52	132.480	49.414	29.649	86.3	53.0	139.27
No. 4	4.76	259.200	96.680	58.008	168.8	103.7	272.48
No. 8	2.36	207.360	81.413	48.848	136.2	82.9	219.13
No. 16	1.18	144.000	56.537	33.922	94.6	57.6	152.18
No. 30	0.6	97.920	38.445	23.067	64.3	39.2	103.48
No. 50	0.3	74.880	29.399	17.640	49.2	30.0	79.13
No. 100	0.15	57.600	22.615	13.569	37.8	23.0	60.87
No. 200	0.075	46.080	18.092	10.855	30.3	18.4	48.70
PAN		74.880	29.399	17.640	49.2	30.0	79.13
Total Berat Agregat (gr)		1152.0	443.5	266.09	754.12	460.80	1214.92
Berat Aspal Total (gr)		48.00					

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.3 Analisa Karakteristik Campuran Beraspal

Ada 6 karakteristik *Marshall* yang diuji pada penelitian ini antara lain : VMA, VIM, VFA, Stabilitas, *flow* dan *Marshall Qoutient*. Nilai-nilai karakteristik ini yang akan menentukan kadar aspal optimum yang didapatkan.

VIM adalah rongga yang masih tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. VIM ini dibutuhkan untuk tempat bergesernya butir-butir agregat akibat pemadatan tambahan yang terjadi oleh repetisi beban lalu lintas atau tempat jika aspal meleleh menjadi lunak akibat meningkatnya suhu udara. VMA adalah volume rongga di dalam beton aspal padat jika seluruh selimut aspal ditiadakan. VMA akan meningkat jika selimut aspal lebih tebal, atau agregat yang digunakan bergradasi terbuka. VFA adalah volume rongga antara agregat dari beton aspal padat yang terisi oleh aspal, disebut juga volume film atau selimut aspal. (Sukirman S. , 2016)



Gambar 5.15 Skematis Berbagai Jenis Rongga Beton Aspal Padat

(Sumber : Sukirman, 2016)

Berikut adalah tabel hasil pengujian dari *Marshall* pada penelitian ini.

Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)	Kadar Terak Nikel			Spesifikasi
		0%	20%	60%	
VMA (%)	4	20.21	18.64	15.77	Minimum 15%
	4.5	20.44	17.55	15.35	
	5	24.25	18.77	15.33	
	5.5	17.17	16.95	15.61	
	6	19.13	16.86	15.82	
VIM (%)	4	10.86	8.70	7.95	3% - 5%
	0	9.97	6.27	6.25	
	5	13.18	6.46	4.98	
	5.5	3.85	3.12	4.03	
	6	4.93	1.77	3.00	
VFA (%)	4	46.30	53.43	49.73	

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)	Kadar Terak Nikel			Spesifikasi
		0%	20%	60%	
	4.5	51.35	64.45	59.36	Minimum 65%
	5	47.38	66.14	67.56	
	5.5	77.61	81.67	74.18	
	6	74.32	89.99	81.07	
Stabilitas (kg)	4	1105.27	1073.89	1094.81	Minimum 800kg
	4.5	969.29	990.21	1171.52	
	5	986.73	1077.38	1077.38	
	5.5	1140.14	927.45	1004.16	
	6	1028.57	1046.00	958.83	
Flow (mm)	4	2.87	2.77	2.13	2mm - 4mm
	4.5	2.40	1.93	3.23	
	5	2.47	2.00	3.00	
	5.5	2.40	2.30	1.87	
	6	3.27	2.40	1.77	
MQ (kg/mm)	4	401.40	391.05	514.36	Minimum 250 kg/mm
	4.5	404.71	531.50	379.18	
	5	404.65	558.32	371.19	
	5.5	476.36	407.86	550.43	
	6	319.58	436.77	545.82	

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

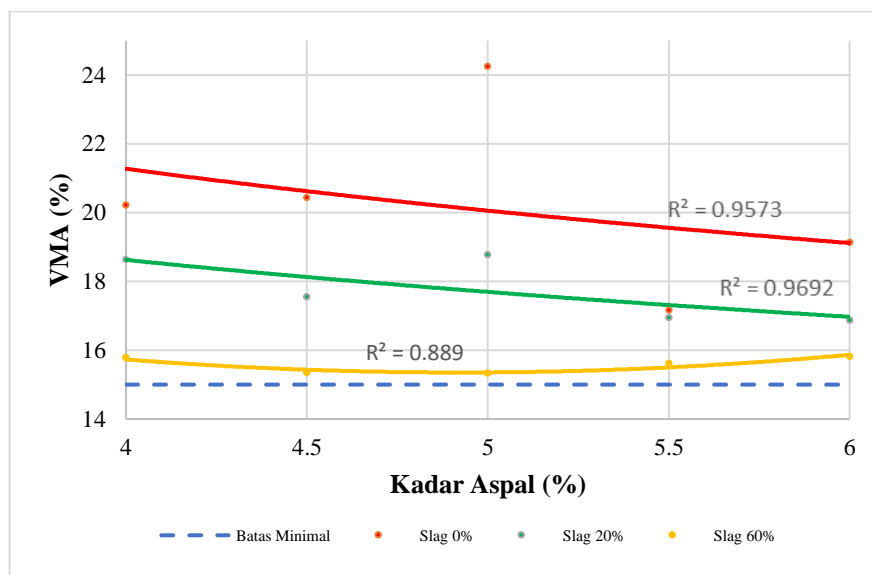
Berdasarkan tabel di atas, ada beberapa nilai yang tidak sesuai dengan standar Bina Marga, namun ada juga nilai yang memenuhi standar. Pada nilai VMA, semua nilai yang didapat telah memenuhi syarat. Pada nilai VIM dari nilai 15 nilai VIM, terdapat 6 nilai VIM yang memenuhi syarat. Pada nilai VFA dari 15 nilai VFA terdapat 8 nilai VFA yang memenuhi syarat. Pada nilai stabilitas dari 15 semua nilai yang didapat memenuhi syarat. Pada nilai *flow* dari 15 nilai VFA terdapat 12 nilai VFA yang memenuhi syarat. Pada nilai MQ dari 15 semua nilai yang didapat memenuhi syarat.

5.3.1 Analisa VMA (*Void In Mineral Aggregate*)

VMA adalah rongga pada pori campuran beraspal termasuk rongga udara dan volume aspal efektif. Menghitung nilai VMA dengan cara sebagai berikut. Contoh perhitungan ini diambil pada perhitungan VMA di benda uji 1 dengan kadar aspal 4,5 % dan kadar terak nikel 0% :

$$\begin{aligned} \text{Void in Material Aggregate} &: 100 - \frac{\text{Berat Isi} \times (100 - \text{Kadar Aspal})}{\text{Bj Agregat Curah}} \\ &: 100 - \frac{2.19 \times (100 - 4.5)}{2.61} \\ &: 19.73 \% \end{aligned}$$

Dari semua pengujian VMA, hasil yang didapat paling tinggi adalah saat kadar aspal 5% untuk kadar terak nikel 0% dan 20%. Sedangkan untuk kadar terak nikel 60%, nilai VMA terbesar ada pada kadar aspal 6%. Namun seluruh pengujian memenuhi standar yang disyaratkan yaitu >15%.



Gambar 5.16 Grafik Perbandingan Kadar Aspal vs VMA

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari grafik di atas, nilai VMA tertinggi terdapat pada benda uji dengan kadar terak nikel 0%. Tepatnya pada kadar aspal 5% dengan nilai sebesar 24,25%. Nilai VMA berpengaruh pada rongga yang terisi oleh aspal. Semakin besar nilainya, maka semakin besar pula rongga yang terisi oleh aspal.

Jika ditinjau dari sisi penambahan terak nikel, penambahannya mengakibatkan berkurangnya nilai VMA. Hal ini dikarenakan berat isi pada campuran bernilai kecil yang disebabkan oleh penyerapan pada campuran yang tinggi. Dilihat dari berat benda uji kondisi SSD yang besar.

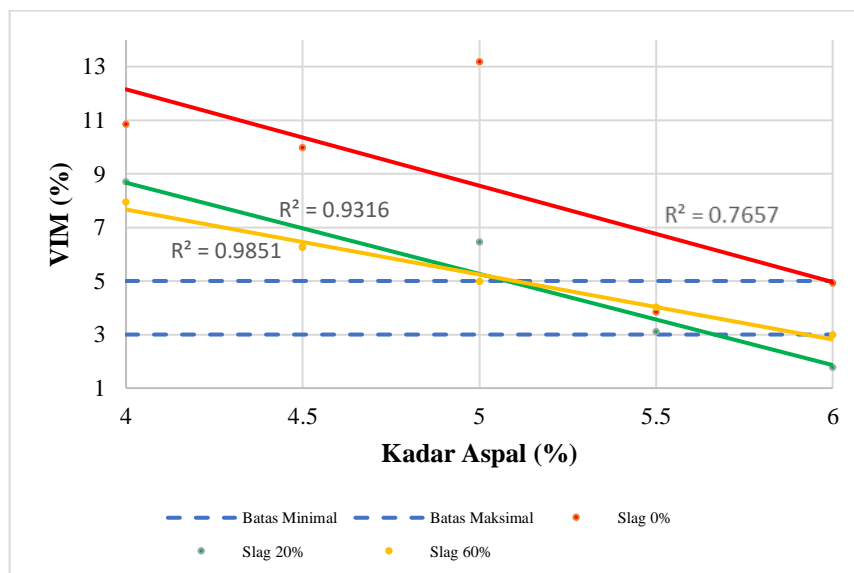
Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai VMA sebesar 0,889 – 0,9692 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai VMA memiliki korelasi kuat.

5.3.2 VIM (Void In Mixture)

VIM adalah rongga yang tidak terisi oleh aspal. VIM adalah bagian dari VMA namun tidak terisi aspal. Menghitung nilai VIM dengan cara sebagai berikut. Contoh perhitungan ini diambil pada perhitungan VIM di benda uji 1 dengan kadar aspal 4,5 % dan kadar terak nikel 20% :

$$\begin{aligned}
 \text{Void in Mixture} &: 100 \times \frac{\text{BJ. Campuran Maksimum} - \text{Berat Isi}}{\text{BJ. Campuran Maksimum}} \\
 &: 100 \times \frac{2,46 - 2,28}{2,46} \\
 &: 7,55 \%
 \end{aligned}$$

Dari semua pengujian VIM, hasil yang didapat yang memenuhi syarat adalah saat kadar aspal 5,5% untuk semua kadar terak nikel, kadar aspal 6% pada saat kadar terak nikel 0% dan 60% dan kadar aspal 5% pada saat kadar terak nikel 60%. Syarat yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah 3-5%.



Gambar 5.17 Grafik Perbandingan Kadar Aspal vs VIM

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari grafik di atas, ditinjau dari variasi aspal, nilai VIM cenderung semakin menurun. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya aspal yang digunakan, maka

semakin sedikit pula rongga yang kosong karena terisi oleh aspal. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang dipakai, maka semakin kecil VIM yang dihasilkan.

Jika ditinjau dari variasi terak nikel yang digunakan, penggunaan terak nikel bisa dikatakan efektif karena terdapat 4 kadar terak nikel yang memenuhi syarat Bina Marga. Tepatnya pada kadar terak nikel 60% terdapat 3 kadar aspal yang memenuhi syarat yaitu 4,5%; 5% dan 6% dan pada kadar nikel 20% pada kadar aspal 5,5%. Sedangkan hanya 2 kadar dengan terak nikel 0% yang memenuhi syarat Bina Marga. Tepatnya pada kadar aspal 5,5% dan 6%.

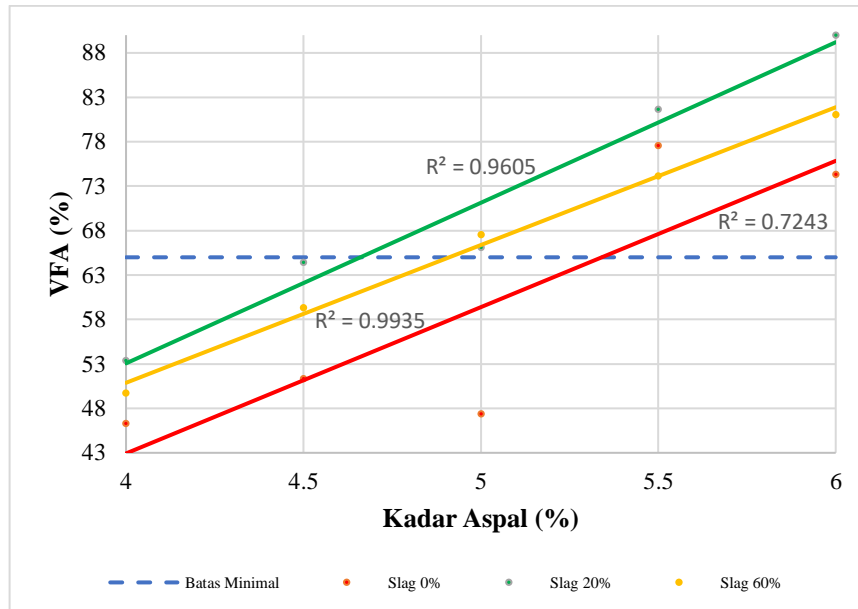
Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai VIM sebesar 0,7657 – 0,9851 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai VIM memiliki korelasi kuat.

5.3.3 VFA (*Void Filled with Asphalt*)

VFA adalah persentase rongga yang terisi oleh aspal. Nilai ini dipengaruhi dari nilai VIM dan VMA. Menghitung nilai VFA dengan cara sebagai berikut. Contoh perhitungan ini diambil pada perhitungan VFA di benda uji 1 dengan kadar aspal 5 % dan kadar terak nikel 60% :

$$\begin{aligned} \text{Void in Mixture} & : 100 \times \frac{\text{VMA} - \text{VIM}}{\text{VMA}} \\ & : 100 \times \frac{15,1 - 4,72}{15,1} \\ & : 68,77 \% \end{aligned}$$

Dari semua pengujian VFA, hasil yang didapat yang memenuhi syarat adalah saat kadar aspal 5% untuk kadar terak nikel 20% dan 60%, dan semua kadar terak nikel dengan kadar aspal 5,5% dan 6%. Syarat yang disyaratkan oleh Bina Marga adalah >65%.



Gambar 5.18 Grafik Perbandingan Kadar Aspal vs VFA

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari grafik di atas, ditinjau dari variasi aspal, nilai VFA cenderung semakin meningkat. Hal ini dikarenakan semakin banyaknya aspal yang digunakan, maka semakin banyak pula rongga yang terisi oleh aspal. Jadi dapat disimpulkan bahwa semakin besar kadar aspal yang dipakai, maka semakin besar VFA yang dihasilkan.

Jika ditinjau dari variasi terak nikel yang digunakan, penggunaan terak nikel bisa dikatakan efektif karena mendapatkan nilai VFA yang lebih tinggi dibandingkan dengan campuran tanpa terak nikel. Hal ini disebabkan karena bentuk terak nikel yang relatif berongga mengakibatkan mudahnya aspal untuk mengisi rongga dalam campuran.

Nilai VFA ini juga berhubungan dengan nilai VIM dan VMA. Hubungan antara VIM dan VFA berbanding terbalik yang berarti jika nilai VIM semakin besar, maka nilai VFA akan semakin kecil. Sedangkan hubungan antara VFA dan VMA berbanding lurus yang berarti jika nilai VMA semakin besar maka semakin besar pula nilai VFA. Namun terlalu besarnya nilai VMA dapat mengakibatkan *bleeding* pada saat temperatur tinggi yang akan menyebabkan aspal naik kepermukaan.

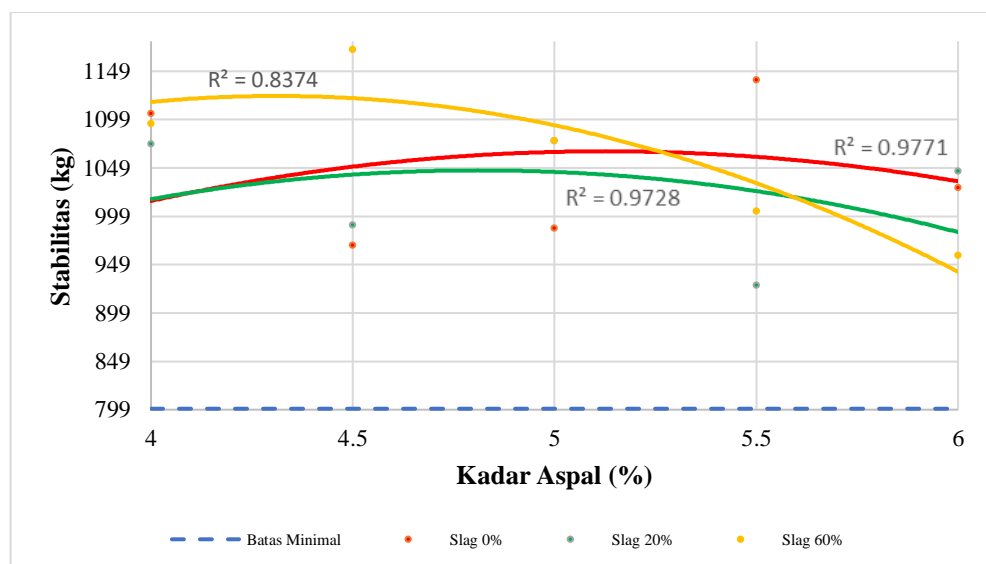
Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai VFA sebesar 0,7243 – 0,9935 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai VFA memiliki korelasi kuat.

5.3.4 Stabilitas

Stabilitas adalah nilai kekuatan campuran dalam menahan beban. Stabilitas didapat dari nilai yang ditunjukkan pada *dial* yang ditunjukkan pada alat *Marshall*. Menghitung nilai Stabilitas dengan cara sebagai berikut. Contoh perhitungan ini diambil pada perhitungan Stabilitas di benda uji 2 dengan kadar aspal 5,5 % dan kadar terak nikel 0% :

Stabilitas : Bacaan *Dial* x angka kalibrasi *Marshall*
: 108 x 10,46
: 1129,68 kg

Dari semua pengujian stabilitas, semua benda uji memenuhi syarat Bina Marga yang mensyaratkan stabilitas >800 kg.



Gambar 5.19 Grafik Perbandingan Kadar Aspal vs Stabilitas

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

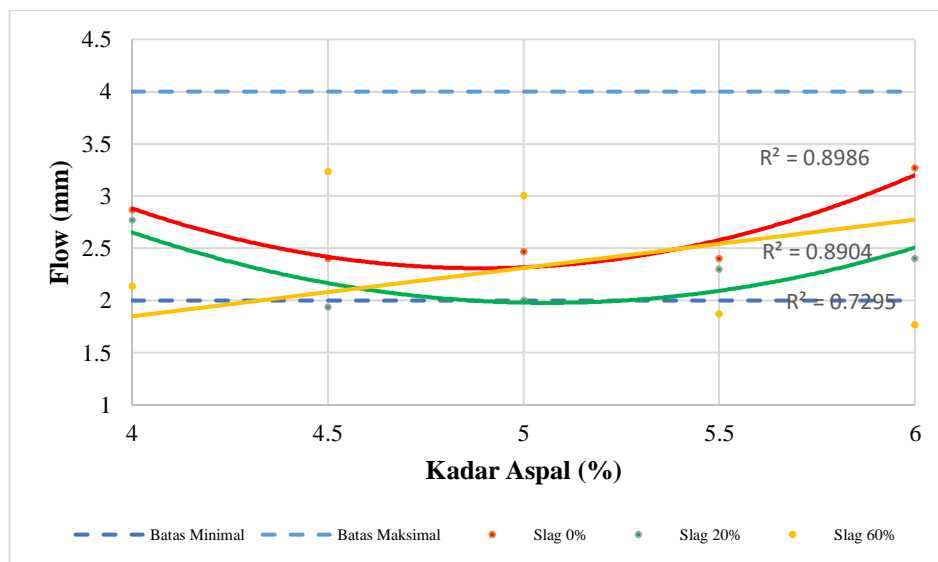
Dilihat dari grafik di atas, nilai stabilitas relatif berdekatan antara semua benda variasi kadar. Namun didapat nilai stabilitas tertinggi sebesar 1171,52 kg, ada saat kadar terak nikel 60% dan kadar aspal 4,5%. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan bahwa substitusi terak nikel dapat menghasilkan nilai stabilitas yang melebihi syarat Bina Marga.

Dilihat dari grafik di atas, nilai stabilitas cenderung mengalami peningkatan seiring penambahan terak nikel. Jika dilihat pada kadar aspal 4,5%, saat kadar terak nikel 0% didapat nilai stabilitas sebesar 969,29 kg mengalami kenaikan saat ditambah terak nikel 20% nilai stabilitas menjadi 990,21 kg namun mengalami penurunan saat ditambah terak nikel 60% nilai stabilitas menjadi 1171,52 kg

Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai stabilitas sebesar 0,8374 – 0,9771 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai VMA memiliki korelasi kuat.

5.3.5 Flow

Nilai *flow* adalah nilai penurunan yang didapat setelah pengujian Marshall dilakukan. Nilai ini didapat dari *dial flow* pada alat *Marshall* yang digunakan. Berikut adalah nilai *flow* yang didapat dari pengujian :



Gambar 5.20 Grafik Perbandingan Kadar Aspal vs *Flow*

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dilihat dari grafik di atas, nilai penurunan (*flow*) mayoritas memenuhi ketentuan Bina Marga. Namun ada 3 nilai *flow* yang tidak sesuai dengan ketentuan yaitu pada kadar terak nikel 20% pada kadar aspal 4,5% dan pada kadar terak nikel 60% pada kadar aspal 5,5% dan 6%.

Seiring penambahan terak nikel, nilai *flow* cenderung menurun. Seperti pada kadar aspal 4%, terjadi penurunan seiring penambahan terak nikel. Pada terak nikel 0%

didapat nilai *flow* 2,87 mm, pada kadar nikel 20% didapat nilai *flow* 2,77 mm dan pada kadar terak nikel 60% didapat nilai *flow* 2,13 mm. Hal ini disebabkan karena nilai keausan terak nikel cenderung lebih rendah dibandingkan dengan keausan agregat alam yang mengakibatkan campuran lebih mudah mengalami penurunan atau berdeformasi.

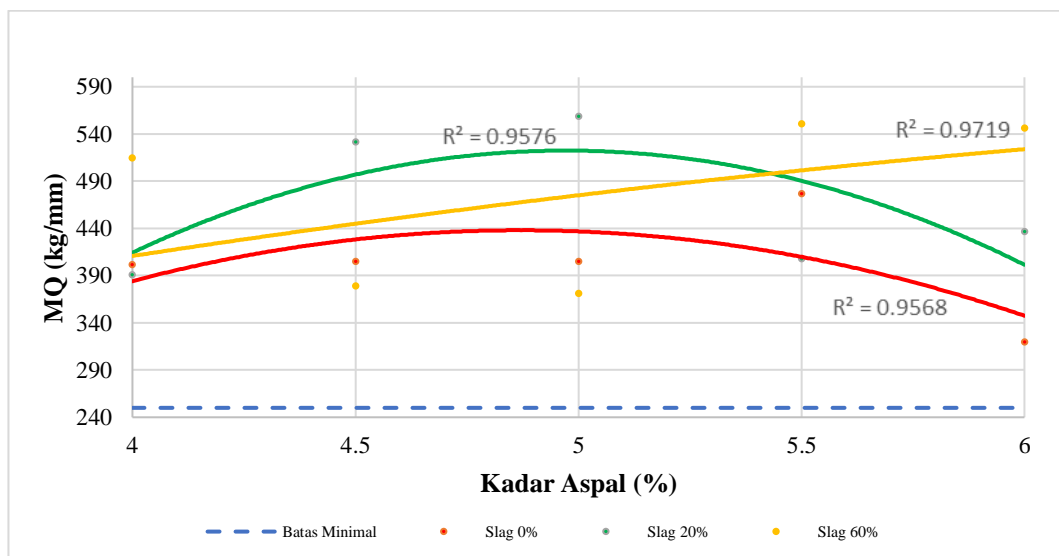
Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai *flow* sebesar 0,7295 – 0,8986 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai *flow* memiliki korelasi kuat.

5.3.6 Analisa MQ (*Marshall Qoutient*)

MQ adalah nilai perbandingan dari nilai stabilitas dan nilai *flow*. Menghitung nilai MQ dengan cara sebagai berikut. Contoh perhitungan ini diambil pada perhitungan Stabilitas di benda uji 2 dengan kadar aspal 5,5 % dan kadar terak nikel 20% :

$$\begin{aligned} \text{Marshall Qoutient} &: \frac{\text{Stabilitas}}{\text{flow}} \\ &: \frac{927,45}{2,3} \\ &: 407,86 \text{ kg/mm} \end{aligned}$$

Semua pengujian MQ (*Marshall Qoutient*) memenuhi syarat Bina Marga yang mensyaratkan MQ sebesar >250 kg/mm



Gambar 5.21 Grafik Perbandingan Kadar Aspal vs MQ

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Berdasarkan grafik di atas, nilai MQ cenderung menurun saat penambahan terak nikel 20%. Namun cenderung mengalami peningkatan saat penambahan terak nikel 60%.

Berdasarkan nilai koefisien determinasi terhadap nilai *Marshall Qoutient* sebesar 0,9568 – 0,9719 menunjukkan bahwa hubungan terhadap nilai *Marshall Qoutient* memiliki korelasi kuat.

5.3.7 Analisa Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran Beraspal

Penentuan nilai KAO ini bertujuan mengetahui kadar aspal efektif yang memenuhi parameter *Marshall*. Penentuan nilai ini guna mendapatkan kadar aspal yang optimum untuk campuran, yang nantinya campuran dengan kadar aspal optimum dan dengan persentase terak nikel masing masing bisa dibandingkan. Penggunaan kadar aspal optimum saat perbandingan campuran, guna mendapat nilai tertinggi dari masing-masing persentase terak nikel pada campuran. Berikut adalah *barchart* untuk nilai kadar aspal optimum (KAO) :

Tabel 5.22 Tabel Penentuan KAO Campuran Beraspal Dengan Terak Nikel 0%

Kadar terak Nikel 0 %						
Stabilitas						Min 800kg
VIM						3% - 5%
VFA						Min 65%
VMA						Min 15%
Flow						2mm - 4mm
	4	4.5	5	5.5	6	
Kadar Aspal (%)						

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Tabel 5.23 Tabel Penentuan KAO Campuran Beraspal Dengan Terak Nikel 20%

Kadar terak Nikel 20 %						
Stabilitas						Min 800kg
VIM						3% - 5%
VFA						Min 65%
VMA						Min 15%
Flow						2mm - 4mm
	4	4.5	5	5.5	6	
Kadar Aspal (%)						

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Tabel 5.24 Tabel Penentuan KAO Campuran Beraspal Dengan Terak Nikel 60%

Kadar terak Nikel 60 %						
Stabilitas			↓			Min 800kg
VIM						3% - 5%
VFA						Min 65%
VMA			↓			Min 15%
Flow						2mm - 4mm
	4	4.5	5	5.5	6	
Kadar Aspal (%)						

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Dari *barchart* diatas didapat nilai kadar aspal optimum pada penelitian ini sebesar 5,75% untuk kadar terak nikel 0%, 5,5% untuk kadar terak nikel 20% dan 5% untuk kadar terak nikel 60%. Dilihat dari hasil yang didapat, nilai kadar aspal optimum (KAO) semakin menurun seiring pertambahan terak nikel. Hal ini dikarenakan bentuk terak nikel yang berongga dan membuat terak nikel mudah melekat dengan aspal, jadi semakin banyak nikel yang ditambahkan maka semakin sedikit aspal yang dibutuhkan untuk campuran.

5.4 Pengujian Karakteristik Campuran Beraspal dengan Terak Nikel Pada Kondisi KAO

Pengujian tahap kedua terdiri pengujian karakteristik *Marshall* pada kadar aspal optimum (KAO) dan pengujian *Marshall* sisa. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari terak nikel yang digunakan. Nilai karakteristik ini akan menjadi patokan keefektifan penggunaan terak nikel pada campuran beraspal.

5.4.1 Hasil Pengujian Marshall

Berikut adalah hasil dari pengujian *Marshall* pada campuran aspal dengan kadar aspal optimum (KAO).

Tabel 5.25 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* Kondisi KAO

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Terak Nikel (%)	Hasil	Spesifikasi
VMA (%)	5,75	0	18.49	Minimum 15%
	5,5	20	16.95	
	5	60	15.61	

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Terak Nikel (%)	Hasil	Spesifikasi
VIM (%)	5,75	0	4.43	3% - 5%
	5,5	20	3.12	
	5	60	3.00	
VFA (%)	5,75	0	76.05	Minimum 65%
	5,5	20	81.67	
	5	60	67.56	
Stabilitas (kg)	5,75	0	1046,00	Minimum 800kg
	5,5	20	927.45	
	5	60	1077.38	
Flow (mm)	5,75	0	2.80	2mm - 4mm
	5,5	20	2.00	
	5	60	3.23	
MQ (kg/mm)	5,75	0	420.38	Minimum 250 kg/mm
	5,5	20	407.86	
	5	60	371.19	

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Berdasarkan tabel di atas, nilai VMA semakin berkurang seiring pertambahan terak nikel pada campuran. Begitu pula nilai VIM, seiring penambahan kadar terak nikel semakin berkurang juga VIM yang didapatkan. Nilai VFA sangat dipengaruhi dari nilai VIM dan VMA karena VFA adalah persentase selisih antara nilai VIM dan VMA. Seperti pada hasil yang didapat pada kadar aspal 5,75% dengan kadar terak nikel 0% didapat nilai VMA sebesar 15,61% dan nilai VIM sebesar 3%. Dari kedua hasil nilai tersebut sama sama menghasilkan nilai yang cukup kecil maka akan menghasilkan nilai VFA yang kecil pula yaitu sebesar 67,56%.

Ditinjau dari nilai stabilitas yang didapat dari tabel di atas, terjadi kenaikan dan penurunan. Penurunan terjadi pada saat penambahan kadar terak nikel sebanyak 20%. Berdasarkan tabel di atas, nilai stabilitas yang didapat saat penambahan terak nikel 20% sebesar 927,45 kg, sedangkan tanpa penambahan terak nikel nilai stabilitas yang didapat adalah sebesar 1046 kg. Bila dibandingkan dengan campuran dengan kadar terak nikel 0% terjadi penurunan sebesar 118,55 kg atau setara dengan penurunan 11,33% nilai stabilitas. Namun terjadi kenaikan pada saat penambahan terak nikel sebanyak 60%, didapat nilai stabilitas sebesar 1077,38 kg. Jika

dibandingkan dengan kadar terak nikel 0%, terjadi kenaikan sebesar 31,38 kg atau setara dengan 3% nilai stabilitas. Berdasarkan hasil penelitian ini, terak nikel yang optimal untuk digunakan sebagai substitusi adalah 60% karena kadar ini memenuhi syarat Bina Marga dan meningkatkan nilai stabilitas pada campuran. Hal ini disebabkan karena bentuk dari terak nikel yang berongga, mengakibatkan pengikatan antar terak nikel dan aspal semakin kuat.

Ditinjau dari nilai *flow* penurunan yang terjadi pada hasil tabel diatas, terjadi kenaikan nilai *flow* pada kadar terak nikel 60%. Hasil yang didapatkan dari campuran tersebut adalah sebesar 3,23 mm, sedangkan pada campuran tanpa terak nikel mendapatkan nilai penurunan sebesar 2,8 mm. Hal ini terjadi karena nilai keausan dari terak nikel sedikit lebih besar dibandingkan dengan keausan pada agregat alam. Namun dari semua campuran dengan variasi kadar terak nikel dan kadar aspal, semua memenuhi ketentuan yang disyaratkan oleh Bina Marga Divisi 6 tahun 2018 yang mensyaratkan nilai penurunan sebesar 2-4 mm



Gambar 5.22 Pengujian Marshall

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

5.4.2 Marshall Sisa

Pengujian *marshall* sisa ini ditujukan untuk menentukan keawetan dari campuran. Pada Spesifikasi Bina Marga 2018 Tabel 6.3.3.1c) mensyaratkan nilai *Marshall* sisa sebesar >90% dari stabilitas awal. Berikut adalah rekapitulasi dari pengujian *Marshall* sisa dengan kadar aspal optimum (KAO).



Gambar 5.23 Pengujian *Marshall* Sisa

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Tabel 5.26 Rekapitulasi Pengujian *Marshall* sisa

Karakteristik Marshall Sisa	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Terak Nikel (%)	Bacaan Dial	Stabilitas	Minimum	Spesifikasi
Stabilitas (kg)	5,75	0	92.333	965.81	941.40	Minimum 90%
	5,5	20	85.667	896.07	834.71	
	5	60	97.333	1018.11	969.64	

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

Berdasarkan hasil rekapitulasi tabel di atas, nilai stabilitas *Marshall* sisa dari semua kadar aspal optimum (KAO) sudah memenuhi ketentuan Bina Marga yang mensyaratkan nilai stabilitas *Marshall* sisa sebesar 90% dari stabilitas awal. Maka dapat disimpulkan bahwa campuran aspal dengan penambahan terak nikel dapat bertahan pada pengaruh cuaca, air dan suhu. Seiring penambahan terak nikel, terjadi peningkatan dan penurunan nilai stabilitas *Marshall* sisa. Pada penambahan terak nikel 20% terjadi penurunan sebesar 69,74 kg setara dengan 7,2%. Sedangkan pada penambahan terak nikel 60% terjadi peningkatan sebesar 52,3 kg setara dengan 5,4%. Hal ini disebabkan karena bentuk terak nikel yang berongga mengakibatkan semakin kuatnya lekatan dengan aspal.

5.5 Proporsi Optimum

Berdasarkan hasil penelitian, proporsi yang paling ideal untuk penambahan terak nikel pada campuran beraspal lapisan aus adalah penambahan terak nikel sebanyak

60%, dikarenakan kadar tersebut memenuhi ketentuan Bina Marga dalam hal karakteristik *Marshall* (VIM, VMA, VFA, Stabilitas dan penurunan) dan memiliki nilai stabilitas tertinggi. Berikut ini adalah rekapitulasi hasil pengujian *Marshall* dengan penambahan terak nikel sebanyak 60% dengan kadar aspal optimum (KAO) sebesar 5%.

Tabel 5.27 Rekapitulasi Hasil Campuran dengan Kadar Terak Nikel 60%

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Terak Nikel (%)	Hasil	Spesifikasi
VMA (%)	5	60	15.61	Minimum 15%
VIM (%)			3	3%-5%
VFA (%)			67.6	Minimum 65%
Stabilitas (kg)			1077.38	Minimum 800 kg
Flow (mm)			3.23	2mm-4mm
MQ (kg/mm)			371.2	Minimum 250 kg/mm
Marshall Sisa			1018.11	Minimum 90% Stabilitas Awal

(Sumber : Analisis Penulis, 2023)

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penggunaan terak nikel sebagai pengganti agregat alam untuk campuran beraspal lapisan aus (AC-WC) sangat disarankan, karena hasil yang didapatkan setelah penelitian memenuhi ketentuan Bina Marga 2018 Divisi 6. Berikut adalah beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini :

- a. Karakteristik terak nikel yang diuji pada penelitian ini antara lain, berat jenis, keausan agregat. Nilai berat jenis yang didapat pada terak nikel kasar sebesar 2,91 untuk berat jenis bulk; 2,917 untuk berat jenis SSD; 2,931 untuk berat jenis *Apparent*. Sedangkan untuk terak nikel halus didapat hasil sebesar 2,875 untuk berat jenis bulk; 2,899 untuk berat jenis SSD; 2,944 untuk berat jenis *Apparent*. Untuk nilai keausan yang didapat pada penelitian ini sebesar 23,615%.
- b. Setelah dilakukan penelitian, didapatkan hasil yang beragam dari karakteristik *Marshall*. Berikut adalah hasil karakteristik *Marshall*.
 - 1) Pengaruh penambahan terak nikel pada nilai VMA membuat nilai VMA menurun seiring bertambahnya persentase terak nikel. Pada kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar nikel 0% didapat nilai VMA sebesar 18,49% dan terjadi penurunan saat kadar 20% menjadi 16,95% dan terjadi penurunan kembali saat kadar 60% menjadi 15,61%.
 - 2) Pengaruh penambahan terak nikel pada nilai VIM membuat nilai VIM menurun seiring bertambahnya persentase terak nikel. Pada kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar nikel 0% didapat nilai VIM sebesar 4,43% dan terjadi penurunan saat kadar 20% menjadi 3,12% dan terjadi penurunan kembali saat kadar 60% menjadi 3%.
 - 3) Pengaruh penambahan terak nikel pada nilai VFA terjadi kenaikan dan penurunan. Hasil ini terjadi karena variasi yang terjadi pada nilai VIM dan VFA membuat nilai VFA menjadi bervariasi. Pada kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar nikel 0% didapat nilai VFA sebesar 78,05% dan terjadi

kenaikan saat kadar 20% menjadi 81,67% dan terjadi penurunan saat kadar 60% menjadi 67,56%.

- 4) Pengaruh penambahan terak nikel pada nilai Stabilitas terjadi kenaikan dan penurunan. Pada kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar nikel 0% didapat nilai stabilitas sebesar 1046 kg dan terjadi penurunan saat kadar 20% menjadi 927,45 kg dan terjadi kenaikan saat kadar 60% menjadi 1077,38 kg.
 - 5) Pengaruh penambahan terak nikel pada nilai *flow* terjadi kenaikan dan penurunan. Pada kadar aspal optimum (KAO) dengan kadar nikel 0% didapat nilai stabilitas sebesar 2,8 mm dan terjadi penurunan saat kadar 20% menjadi 2 mm dan terjadi kenaikan saat kadar 60% menjadi 3,23 mm.
- c. Proporsi ideal yang didapatkan dari penelitian ini adalah dengan penambahan terak nikel sebanyak 60%. Hal ini dikarenakan dengan kadar terak nikel 60% didapat nilai stabilitas tertinggi dan memenuhi semua syarat karakteristik *Marshall* yang diatur oleh Bina Marga Divisi 6 tahun 2018. Nilai stabilitas adalah kekuatan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban tanpa mengalami keruntukan. Nilai stabilitas yang didapatkan adalah sebesar 1077,38 kg .

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat disampaikan agar penelitian ini dapat dikembangkan diantaranya :

- a. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada penggunaan terak nikel dengan variasi kadar yang berbeda.
- b. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut pada penggunaan terak nikel dengan campuran yang berbeda seperti campuran aspal jenis HRS (*Hot Rolled Sheet*).

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.

LAMPIRAN 1
BERKAS ADMINISTRASI



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-01

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SURAT PERMOHONAN SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Nama Mahasiswa : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
Nomor Mahasiswa : 3336190041
Alamat Mahasiswa : Jl. KH. Abdul Hadi No. 43 kebon Jahe Serang Banten
Dosen Pembimbing : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.

dengan prestasi studi 3,4 sampai dengan tanggal: 5 Januari 2023 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan seminar proposal skripsi.

Cilegon, 2 Januari 2023

Pemohon,

Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq

PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)

No	Perihal	Catatan
1.	Hasil studi kumulatif (≥ 116 sks dan $IPK \geq 2,00$)	140 SKS & IPK 3,4
2.	Nilai D maksimal 10% dari total SKS mata kuliah	0 %
3.	Kerja Praktek	
4.	Mengontrak mata kuliah Skripsi dalam KRS berjalan	
5.	Melakukan pendaftaran pada SISTA (TA-01)	
6.	Draf proposal telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) Salinan sebanyak 4 eksemplar masing-masing untuk pembimbing dan penguji	
7.	Naskah seminar telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) Salinan sebanyak 10-15 eksemplar untuk peserta sidang	
8.	Berita Acara Seminar Proposal (Smp-02)	
9.	Lembar saran & masukan (Smp-03)	
10.	Daftar hadir dosen (Smp-04)	
11.	Daftar hadir peserta seminar (Smp-05)	

Seminar tersebut dapat dilaksanakan, waktu dan tempat seminar harap dikonsultasikan dengan Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji.

Cilegon, 5 Januari 2023
Koordinator Skripsi,

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP. 198601312019032009

Dibuat rangkap 2 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koord. Skripsi

* Pendaftaran Seminar Proposal Skripsi selambat-lambatnya 2 hari kerja sebelum seminar dilaksanakan.



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK**

Smp-02

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**BERITA ACARA SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNTIRTA**

Pada hari ini Senin tanggal 5 bulan Januari tahun 2023 , telah dilaksanakan Seminar Proposal Skripsi dari mahasiswa/mahasiswi, yaitu :

Nama : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-WC)

Dosen pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.

Dosen pembimbing II: Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc

Dosen Penguji I : Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

Dosen Penguji II : Woelandari Fathonah, S.T., M.T.

Dari Seminar Proposal Skripsi ini dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah dinyatakan MEMENUHI PERSYARATAN / ~~TIDAK MEMENUHI PERSYARATAN~~ untuk melanjutkan Penelitian (Skripsi) *)

Demikian Berita Acara ini dibuat dan selanjutnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 5, Januari 2023

Dosen Penguji I

Dosen Penguji II

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

Woelandari Fathonah, S.T., M.T.

NIP. 198601312019032009

NIP. 199012292019032021

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

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

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

NIP. 198212062010122001

NIP. 198601242014042001

**Ket : *) coret yang tidak perlu
CC : Arsip**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK
Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Smp-03

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Senin, 5 Januari 2023 Waktu : 9.30 s/d selesai
Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-
WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1	2-3	Memsaukan perihal apakah terak nikel termasuk limbah B3	
2	18	Memasukan komposisi terak nikel	
3	9	Memasukan alasan penggunaan variasi kadar	
4	9-11	Referensi dari jurnal luar negeri	

Cilegon, 5 Januari 2023
Dosen Penguji II

Woelandari Fathonah, S.T., M.T.
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-03

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Senin, 5 Januari 2023 Waktu : 9.30 s/d selesai
Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-
WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1	2	Berikan data tentang banyaknya limbah	
2	15	Tambahkan gambar lapisan yang diteliti	
3	19	Berikan kepanjangan dari VIM, VFA, VMA	
4		Tinjauan pustaka dibuat menjadi 5	
5	6-9	Tata tulis tentang bahasa asing harus di cetak miring	
6		Tata tulis untuk tabel, sumber tabel dipinggir kiri tabel	
7		Tambahkan blanko	
8	2-3	Memasukan perihal apakah terak nikel termasuk limbah B3	
9	18	Memasukan komposisi terak nikel	
10	9	Memasukan alasan penggunaan variasi kadar	
11	9-11	Referensi dari jurnal luar negeri	

Cilegon, 5 Januari 2023
Dosen Pembimbing I

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-03

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Senin, 5 Januari 2023 Waktu : 9.30 s/d selesai
Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-
WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1	2	Berikan data tentang banyaknya limbah	
2	15	Tambahkan gambar lapisan yang diteliti	
3	19	Berikan kepanjangan dari VIM, VFA, VMA	
4		Tinjauan pustaka dibuat menjadi 5	
5	6-9	Tata tulis tentang bahasa asing harus di cetak miring	
6		Tata tulis untuk tabel, sumber tabel dipinggir kiri tabel	
7		Tambahkan blanko	
8	2-3	Memasukan perihal apakah terak nikel termasuk limbah B3	
9	18	Memasukan komposisi terak nikel	
10	9	Memasukan alasan penggunaan variasi kadar	
11	9-11	Referensi dari jurnal luar negeri	

Cilegon, 5 Januari 2023
Dosen Pembimbing 2

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-03

Jl. Jendral Soedirman Km. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Senin, 5 Januari 2023 Waktu : 9.30 s/d selesai
Nama Peserta : Muhamad Auji Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-
WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1	2	Berikan data tentang banyaknya limbah	
2	15	Tambahkan gambar lapisan yang diteliti	
3	19	Berikan kepanjangan dari VIM, VFA, VMA	
4		Tinjauan pustaka dibuat menjadi 5	
5	6-9	Tata tulis tentang bahasa asing harus di cetak miring	
6		Tata tulis untuk tabel, sumber tabel dipinggir kiri tabel	
7		Tambahkan blanko	

Cilegon, 5 Januari 2023
Dosen Penguji I


Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-04

Jl. Jendral Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : 5 Januari 2023
Waktu : 9.30 s/d selesai
Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-
WC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	198212062010122001	1.
2.	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc	198601242014042001	2.
3.	Siti Asyiah, S.Pd., M.T.	198601312019032009	3.
4.	Woelandari Fathonah, S.T., M.T.	198601242014042001	4.

Cilegon, 5 Januari 2023
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR PROPOSAL SKRIPSI

Hari/Tgl : Senin, 5 Januari 2023
 Waktu : 9.30 s/d selesai
 Nama Peserta : Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq
 NPM : 3336190041
 Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
 AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPALLAPISAN AUS (AC-
 WC)

NO	NAMA	NPM	TANDA-TANGAN	KET.
1.	Putri Ainun Taya	3336200046	1.	
2.	Moh. Sopyan	3336190006	2.	
3.	Putri Nurmalia Handayani	3336180027	3.	
4.	Zuhran Giardua	3336210070	4.	
5.	Dimas Bagoes A.	3336190023	5.	
6.			6.	
7.			7.	
8.			8.	
9.			9.	
10.			10.	
11.			11.	
12.			12.	
13.			13.	
14.			14.	
15.			15.	

Cilegon, 5 Januari 2023
 Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd.,M.T.
 NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1	21 Maret 2023	1. Berikan data tentang banyaknya limbah 2. Tambahkan gambar lapisan yang diteliti 3. Berikan kepanjangan dari VIM, VFA, VMA 4. Tinjauan pustaka dibuat menjadi 5 5. Tata tulis tentang bahasa asing harus di cetak miring 6. Tata tulis untuk tabel, sumber tabel dipinggir kiri tabel 7. Tambahkan blanko 8. Memsaukan perihal apakah terak nikel termasuk limbah B3 9. Memasukan komposisi terak nikel 10. Memasukan alasan penggunaan variasi kadar 11. Referensi dari jurnal luar negeri	1 3 3 2 1 s/d 4 1 s./d 4 Lampiran 1 3 1 2	2 15 19 6-9 2-3 18 9 9-11

Cilegon, 4 April 2023
Dosen Pembimbing 2

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Muhamad Auji Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1	21 Maret 2023	1. Berikan data tentang banyaknya limbah	1	2
		2. Tambahkan gambar lapisan yang diteliti	3	15
		3. Berikan kepanjangan dari VIM, VFA, VMA	3	19
		4. Tinjauan pustaka dibuat menjadi 5		
		5. Tata tulis tentang bahasa asing harus di cetak miring	2 1 s/d 4	6-9
		6. Tata tulis untuk tabel, sumber tabel dipinggir kiri tabel	1 s./d 4	
		7. Tambahkan blanko	Lampiran	
2	4 April 2023	1. Berikan data tentang banyaknya limbah	1	2
		2. List jalan dibuat menjadi paragraf	1	1
		3. Tambahkan header pada tabel keterkaitan	2	11
		4. Rapihkan gambar 3.3	3	15
		5. Benarkan nama tabel dan sumber	1 s/d 4	
		6. Update jadwal penelitian	4	30
		7. Daftar pustaka rata kanan kiri		

Cilegon, 4 April 2023
Dosen Penguji I

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1	16 Maret 2023	<ol style="list-style-type: none">Masukan perihal apakah terak nikel termasuk limbah B3Masukan komposisi terak nikelMasukan alasan penggunaan variasi kadarReferensi dari jurnal internasional	<p>1</p> <p>3</p> <p>1</p> <p>2</p>	<p>2-3</p> <p>18</p> <p>3</p> <p>9-11</p>

Cilegon, 5 Januari 2023
Dosen Penguji II

Woelandari Fathonah, S.T., M.T.
NIP. 199012292019032021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Smp-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN PROPOSAL SKRIPSI

Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1	21 Maret 2023	1. Berikan data tentang banyaknya limbah 2. Tambahkan gambar lapisan yang diteliti 3. Berikan kepanjangan dari VIM, VFA, VMA 4. Tinjauan pustaka dibuat menjadi 5 5. Tata tulis tentang bahasa asing harus di cetak miring 6. Tata tulis untuk tabel, sumber tabel dipinggir kiri tabel 7. Tambahkan blanko 8. Memsaukan perihal apakah terak nikel termasuk limbah B3 9. Memasukan komposisi terak nikel 10. Memasukan alasan penggunaan variasi kadar 11. Referensi dari jurnal luar negeri	1 3 3 2 1 s/d 4 1 s./d 4 Lampiran 1 3 1 2	2 15 19 6-9 2-3 18 9 9-11

Cilegon, 4 April 2023
Dosen Pembimbing 1

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK
Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

Hsl-01

**BERITA ACARA SEMINAR HASIL SKRIPSI
JURUSAN TEKNIK SIPIL UNTIRTA**

Pada hari ini jum'at tanggal 15 bulan juni tahun 2023, telah dilaksanakan Seminar Hasil Skripsi dari mahasiswa, yaitu :

Nama : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapisan Aus (AC-WC)
Dosen pembimbing I : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.
Dosen pembimbing II: Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc

Dari Seminar Hasil Skripsi ini dinyatakan bahwa mahasiswa tersebut telah dinyatakan MEMENUHI PERSYARATAN / ~~TIDAK MEMENUHI PERSYARATAN~~ untuk melanjutkan ke Sidang Akhir *)

Demikian Berita Acara ini dibuat dan selanjutnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 15 Juni 2023

Dosen Pembimbing I

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

Dosen Pembimbing II

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

Ket : *) coret yang tidak perlu
CC : Arsip



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-02

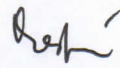
Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 15 Juni 2023 Waktu : 10.00-Selesai
Nama Peserta : Muhamad Aofi Zaiyna F. T. NPM : 3336190041
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam
Campuran Beraspal Lapisan Aus (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<ul style="list-style-type: none">-Pemulihan kata Terak /slag.-perbaiki spasi antar paragraf.-gambar setiap pengujian agregat/aspal.-perbaiki grafik-perbaiki suber grafik.-Tambahkan gambar ilustrasi VIM, VFA, ... dst.-Munculkan nilai R^2 (Koefisien determinasi).di setiap grafik-perbaiki judul.-lempir analisis R^2	

Cilegon, 15 Juni 2023
Dosen Pembimbing 2


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



SARAN / MASUKAN
SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 15 Juni 2023 Waktu : 10.00-Selesai
Nama Peserta : Muhamad AuFi Zaiyna F. T. NPM : 3336190041
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapisan Aus (AC-WC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1		Latar belakang diperbaiki antar kalimat harus berkaitan .	
2.		Analisis Bab 5 diganti hasil penelitian & pembahasan	
3		Dudul diperbaiki	
4.		Analisis kadar aspal optimum → deskripsikan ?	
5		catatan di laporan	
6		Gbr viskositas	


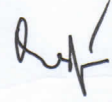
Cilegon, 15 Juni 2023
Dosen Pembimbing 1

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

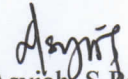


DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 15 Juni 2023
Waktu : 10.00 - Selesai
Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapisan Aus (AC-WC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.	198212062010122001	1. 
2.	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc	198601242014042001	2. 

Cilegon, 15 Juni 2023
Koordinator Skripsi


Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-04

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SEMINAR HASIL SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis / 15 Juni 2023
Waktu : 10.00 - Selesai
Nama Peserta : Muhamad Auji Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapisan Aus (AC-WC)

NO	NAMA	NPM	TANDA-TANGAN	KET.
1.	Putri Ainun Tasya	3336200046	1.	
2.	Dimas Bagues A	3336190023	2.	
3.	Zidan Irlana	3336180001	3.	
4.	Doni Heru Haeruman	3336180074	4.	
5.	Angga Fandam Wambel N	3336200072	5.	
6.			6.	
7.			7.	
8.			8.	
9.			9.	
10.			10.	

Cilegon, 15 Juni 2023
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1	21 Juni 2023	1. Perbaiki latar belakang, setiap paragraf harus berkaitan	1	1-5
		2. Ubah judul bab 5	5	31
		3. Perbaiki judul skripsi	Cover	19
		4. Gambar viskositas	5	42
2	23 Juni 2023	1. Hasil TCLP	1	2
		2. Studi literatur pada gambar volumetric	3	19
		3. Pisahkan subab pengujian terak nikel	5	32-38
		4. Masukkan pengujian kimia terak nikel	5	40
		5. Jelaskan nilai penetrasi	5	41
		6. Perbesar semua gambar	5	
		7. Jelaskan nilai titik lembek	5	44
		8. Jelaskan nilai titik nyala dan bakar	5	45
		9. Referensi viskositas	5	47
		10. Tambahkn ilustrasi volumetric dan penjelasan	5	53
		11. Dokumentasi marshall	5	65
		12. Dokumentasi marshall sisa dan penjelasan marshall sisa	5	66
		13. Proporsi ideal	5	67
		14. Dafpus tambahkan		

Cilegon, 15 Juni 2023
Dosen Pembimbing I

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-05

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI PERBAIKAN LAPORAN HASIL SKRIPSI

Nama Peserta : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

NO	HARI/ TANGGAL	PERIHAL	BAB	HALAMAN
1	21 Juni 2023	1. Pemilihan kata slag dan terak 2. Perbaiki spasi antar paragraph 3. Menambahkan gambar setiap pengujian 4. Perbaiki semua grafik 5. Tambahkan gambar ilustrasi VIM VFA VMA 6. Tambahkan koefisien determinasi 7. Analisa nilai R^2	1-6 1-6 5 5 3 5 5	 33-42 49-55 19 49-55 49-55

Cilegon, 15 Juni 2023
Dosen Pembimbing I

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Hsl-06

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

BUKTI KEHADIRAN TELAH MENGIKUTI SEMINAR

Nama Peserta : Muhamad Auji Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041

SEMINAR YANG PERNAH DIKUTI

NO	JUDUL	Mahasiswa	Paraf ¹
1	Analisis Modulus Esilien Terhadap Campuran Lapis Aspal Beton Antara (AC-BC) Dengan Modifikasi Slag Nikel	Dimas Bagoes A	
2	Karakteristik Modulul Resilien Pada Pemanfaatan Slag Nikel Sebagai Bahan Ganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapisan Antara (AC-BC)	Denisa A. M	
3	Pengaruh Semen <i>Slag</i> untuk Stabilisasi Tanah terhadap Nilai Kuat Tekan Bebas (Studi Kasus Jalan Desa Sudimanik Kec. Cibaliung Kab. Pandeglang)	Moh. Sopyan	
4	Analisis Pola Peoperasian Pompa Air Untuk Pengendalian Banjir Pada Sistem Folder	Fajar	
5	Analisis Pola Peoperasian Pompa Air Untuk Pengendalian Banjir Pada Sistem Folder	TS Raihan M	
6	Analisis Model tarikan Pergerakan Pada Kampus E Sindagsari UNTIRTA	Fajrin Nufus	
7	Analisis Bangkitan dan Tarikan pergerakan antar Zona Kecamatan diKota Cilegon	Ninda N	
8	Analisis Permodelan Bangkitan dan Tarikan pergerakan antar Zona Kecamatan di Kota Tangerang	Upik	
9	Analisis Pengaruh Groundsill Pada Jembatan Terhadap Karakteristik Aliran (Model Fisik)	Azarine	
10	Analisis Sistem Drainase Menggunakan Program EPA SWMM 5.2 (Studi Kasus : Kampus B FT UNTIRTA)	Rizki Nur R.	

¹ paraf pembimbing 1 skripsi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-01

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SURAT PERMOHONAN SIDANG AKHIR SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini, saya mahasiswa Program Sarjana Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa,

Nama Mahasiswa : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
Nomor Mahasiswa : 3336190041
Alamat Mahasiswa : Jl. KH. Abdul Hadi No. 43 Kebon Jahe, Serang, Banten
Dosen Pembimbing : Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.

dengan prestasi studi 3,54 sampai dengan tanggal: 6 Juli 2023 seperti terlampir. Dengan ini saya mengajukan permohonan untuk dapat menyelenggarakan sidang akhir skripsi.

Cilegon, 6 Juli 2023

Pemohon,

Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq

PEMERIKSAAN (oleh Koord. Skripsi)

No	Perihal	Catatan
1.	Hasil studi kumulatif (≥ 139 sks dan $IPK \geq 2,00$)	159 sks, IPK 3,54
2.	Hasil studi kumulatif (nilai $D \leq 10\%$)	Nilai D 0 %
3.	Draf laporan telah disetujui Dosen Pembimbing (TA-02) Salinan sebanyak 4 eksemplar	
4.	Formulir Pendaftaran (TA-03) dari Online: SISTA	
5.	Berita Acara Sidang Akhir (TA-04) dari Online: SISTA	
6.	Formulir Penilaian Skripsi (TA-05) dari Online: SISTA	
7.	Formulir Revisi Laporan Skripsi (TA-06) dari Online: SISTA	
8.	Daftar hadir dosen (Ahr-02)	
9.	Formulir saran & masukan (Ahr-03)	
10.	Transkrip Nilai Mahasiswa ditandatangani Mahasiswa	
11.	Form bukti pelaksanaan seminar hasil (Hsl-01 sampai Hsl-06)	
12.	Sertifikat TOEFL Lab. Bahasa FT. Untirta (Min. Score 400)	

Sidang Akhir tersebut dapat dilaksanakan, waktu dan tempat seminar harap dikonsultasikan dengan Dosen Pembimbing dan Dosen Penguji.

Cilegon, 6 Juli 2023

Koordinator Skripsi,

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.

NIP. 198601312019032009

Dibuat rangkap 3 untuk:

1. Mahasiswa ybs
2. Koordinator Skripsi



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-02

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

DAFTAR HADIR SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 13 Juli 2023
Waktu : 11.00 - selesai
Nama Peserta : Muhamad Auji Zaiyna Fajr Thariq
NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN
PENGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL
LAPIS AUS (ACWC)

NO	NAMA	NIP	TANDA-TANGAN
1.	Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T. M.T.	198212062010122001	1.
2.	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc	198601242014042001	2.
3.	Siti Asyiah, S.Pd., M.T.	198601312019032009	3.
4.	Woelandari Fathonah, S.T., M.T.	199012292019032021	4.

Cilegon, 13 Juli 2023
Koordinator Skripsi

Siti Asyiah, S.Pd., M.T.
NIP.198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI

Hari/Tgl : Kamis, 13 Juli 2023 Waktu : 11-00 - selesai
 Nama Peserta : Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
 Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
 AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPIS AUS (ACWC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		<ul style="list-style-type: none"> - Konsistensi penulisan → Terak Nikel / Slag Nikel - Kelebihan / Kekurangan Slag Nikel. → PR Dalam konstruksi jalan raya. - Sifat yang trans memiliki campuran → PR Beraspal. - Gradasi campuran Aspal (Gradasi Baik Sengang, Sengang). - Kadar Aspal → lebih → bleeding → kurang → interlocking Kurang - Metode pemertan KAD - Pemadatan → tumbukan 75, 50, 35 ↓ - Aspal pen 60/70 di Indonesia → PR - Kadar Aspal berlebih → PR 	

Cilegon, 13 Juli 2023
Dosen Pembimbing 2

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Kamis, 13 Juli 2023 Waktu : 11-00 - selesai
Nama Peserta : Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPIS AUS (ACWC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1.		Sudah diperiksa , Acc u/ digid . dengan persiapan kelengkapan jurnal.	

Cilegon, 13 Juli 2023
Dosen Pembimbing 1

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



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Kamis, 13 Juli 2023 Waktu : 11-00 - selesai
Nama Peserta : Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPIS AUS (ACWC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
		Ubah semua sumber update jadwal penelitian Kepanjangan fRS tambahkan Saran untuk instansi terkait Acc !	

Cilegon, 13 Juli 2023
Dosen Penguji 1

Siti Asyiah S.Pd., M.T.
NIP. 198601312019032009



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN,
RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Ahr-03

Jalan Jenderal Soedirman KM. 3 Kota Cilegon Provinsi Banten 42435
Telepon (0254) 376712 Laman: ft.untirta.ac.id

**SARAN / MASUKAN
SIDANG AKHIR SKRIPSI**

Hari/Tgl : Kamis, 13 Juli 2023 Waktu : 11-00 - selesai
Nama Peserta : Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq NPM : 3336190041
Judul Skripsi : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI
AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPIS AUS (ACWC)

NO	HAL	MASUKAN/SARAN/KOREKSI/DLL	KET.
1)		Kata pengganti / Praktek Perbaiki	
2)		Letak belakang hindari kata hubung tiap awal paragraf	
3)		Hasil pengujian Kandungan kimia didapat dari pengujian apa?	
4)		Sumber Hasil Penelitian	
5)		Sumber : Data penelitian analisis, tabel Penjelasan tiap grafik yg di hasilkan. Berikan penjelasan! pengaruh Alat uji terhadap Karakteristik Marshall? Ari Jilid 27/07/23.	

Cilegon, 13 Juli 2023
Dosen Penguji 2


Woelandari Fathonah, S.T., M.T.
NIP. 199012292019032021

FORM PENDAFTARAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Lengkap : MUHAMAD AUFI ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Tempat/Tgl Lahir : Serang/01 Agustus 2001
Program Studi : Teknik Sipil
Semester Mulai :
Jumlah SKS yang sudah diselesaikan : 140 SKS
IPK : 3.40
Topik TA : Transportasi
Judul TA : PEMANFAATAN TERAK NIKEL SEBAGAI BAHAN PENGGANTI AGREGAT DALAM CAMPURAN BERASPAL LAPISAN AUS (AC-WC)
Judul Asing : UTILIZATION OF NICKEL SLAG AS A SUBSTITUTE FOR AGGREGATE IN ASPHALT MIXTURE OF WEAR COATING (AC-WC)

Dengan Persyaratan:

Cilegon, 28 Desember 2022
Pendaftar,



MUHAMAD AUFI ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM. 3336190041

Mengetahui,
Pembimbing Akademik,

Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

Menyetujui
Pembimbing I,

NIP.

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler
Semester : Genap Tahun Akademik 2022/2023
Pembimbing 1 : Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.

Judul Tugas Akhir:

Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1	19 Desember 2022	1. Revisi sumber 2. Tambahkan tabel dan bagan keterkaitan 3. Tambahkan daftar pustaka	
2	23 Desember 2022	1. Tambahkan daftar pustaka 2. Perbaiki grafik gradasi 3. Perbaiki diagram alir 4. Perbaiki bagan keterkaitan	
3	28 Desember 2022	1. Perbaiki grafik gradasi 2. Tambahkan daftar pustaka 3. Tambahkan referensi	
4	30 Desember 2022	ACC seminar proposal	
5	8 April 2023	Asistensi bab 5	
6	5 Mei 2023	1. Asistensi bab 5 2. Tambahkan analisa pada setiap pengujian	
7	27 Mei 2023	1. Asistensi bab 5 2. Asistensi bab 6	
8	1 Juni 2023	1. Perbaiki penulisan referensi dan gambar grafik 2. Tambahkan penjelasan tabel dan daftar pustaka 3. Tambahkan pengaruh nikel pada marshall sisa	

Cilegon, 24 Juni 2023
Mahasiswa,

MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM. 3336190041

Mengetahui,
Pembimbing Akademik,

Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : MUHAMAD AUFU ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler
Semester : Genap Tahun Akademik 2022/2023
Pembimbing 1 : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.

Judul Tugas Akhir:


Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
9	6 Juni 2023	1. Perbaiki gambar grafik volumetrik marshall 2. Perbaiki /Cek grafik 3. Jurnal	pd
10	7 Juni 2023	Perbaiki gambar grafik	pd
11	9 Juni 2023	ACC Seminar Hasil	pd
12	21 Juni 2023	1. Perbaiki latar belakang 2. Ubah judul bab 5 3. Perbaiki judul skripsi 4. perbaiki gambar viskositas	pd
13	23 Juni 2023	1. Pengujian TCLP 2. Tambahkan studi literatur volumetrik dan subabnik 3. Tambahkan penjelasan titik lembek, nyata, bakar dan dokumen	pd
14	4 Juli 2023	ACC untuk pengajuan sidang	pd

Cilegon, 24 Juni 2023
Mahasiswa,


MUHAMAD AUFU ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM. 3336190041

Mengetahui,
Pembimbing Akademik,




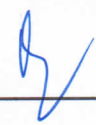


Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

FORM BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : MUHAMAD AUFI ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Program Studi : TEKNIK SIPIL - S1 Reguler
Semester : Genap Tahun Akademik 2022/2023
Pembimbing 2 : Dwi Esti Intari, S,T, M.Sc.

Judul Tugas Akhir:

Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

No	Tanggal	Topik Pembahasan	Paraf Pembimbing
1	28 Desember 2022	ACC Seminar Proposal	
2	7 Juni 2023	1. Perbaiki penulisan 2. Lengkapi narasi dan setiap analisa data 3. Perbaiki sumber referensi	
3	8 Juni 2023	ACC Seminar Hasil	
4	4 Juli 2023	ACC Sidang Akhir	
5.	13 Juli 2023	Konsistensi penulisan terak dan slag Kelebihan dan kekurangan slag nikel dlm komposisi sifat yang harus dimiliki campuran aspal Gradasi campuran aspal Metode penentuan KAO, pemadatan tumbukan 75 Aspal penetrasi 60/90	
6.	20 Juli 2023	All dapat digital	

Cilegon, 24 Juni 2023
Mahasiswa,



MUHAMAD AUFI ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM. 3336190041

Mengetahui,
Pembimbing Akademik,



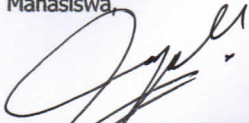
Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

FORM PENDAFTARAN SIDANG TA

Nama Mahasiswa : MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Program Studi : Teknik Sipil
Semester Mulai : Tahun Akademik 2022/2023
Topik TA : Transportasi
Judul Tugas Akhir :
Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

Dengan ini mengajukan untuk pelaksanaan Sidang Ujian Tugas Akhir dengan menyampaikan persyaratan terlampir.

Cilegon, 05 Juli 2023
Mahasiswa,



MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM 3336190041

Mengetahui,
Pembimbing Akademik



Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP 198212062010122001

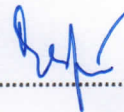
Menyetujui,

Pembimbing 1 : **Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.**
NIP. 198212062010122001

:

Pembimbing 2 : **Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.**
NIP. 198601242014042001

:



BERITA ACARA SIDANG SKRIPSI / TUGAS AKHIR

Pada hari ini, Tanggal 23 Bulan Juni Tahun 2023, bertempat di III-20 (R.Sidang) Fakultas Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, telah dilaksanakan Ujian Sidang Skripsi/Tugas Akhir atas nama:

Nama Mahasiswa : MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
 NIM : 3336190041
 Penguji : Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
 Penguji I : Siti Asyiah, M.T.
 Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
 Penguji III : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
 Judul TA : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)
 Waktu : 15:00
 Catatan Kcjadian :

.....

.....

.....

.....

.....

Demikian Berita Acara ini dibuat dengan sebenarnya untuk diketahui dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 23 Juni 2023

Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T. :
 NIP. 198212062010122001

Penguji I : Siti Asyiah, M.T. :
 NIP. 198601312019032009

Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT. :
 NIP. 199012292019032021

Penguji III : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc. :
 NIP. 198601242014042001

R. I.

Asyiah

WF

Intari

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI / TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM REKAPITULASI

Nama Peserta : MUHAMAD AUFU ZAIYNA FAJR THARIQ
 NIM : 3336190041
 Waktu Ujian : 15:00
 Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

NO	PENGUJI	RENTANG NILAI	NILAI
1	Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.	10 - 100	
2	Siti Asyiah, M.T.	10 - 100	
3	Woelandari Fathonah, ST., MT.	10 - 100	
4	Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.	10 - 100	
Total Nilai			
Nilai Huruf Mutu			

Cilegon, 23 Juni
2023

Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001

Penguji I : Siti Asyiah, M.T.
NIP. 198601312019032009

Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
NIP. 199012292019032021

Penguji III : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
NIP. 198601242014042001

Ridu

Asyiah

Woelandari

Dwi Esti

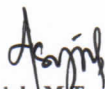
**FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

FORM PENILAIAN Penguji I

Dosen Penguji I : Siti Asyiah, M.T.
Nama Peserta : MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Waktu Ujian : 15:00
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		

Cilegon, 23 Juni 2023
Penguji I,


Siti Asyiah, M.T.
NIP. 198601312019032009

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Ketua Sidang

Dosen Ketua Sidang : Dr. RINDU TWIDI BETHARY,
Nama Peserta : MUHAMAD AUFY ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Waktu Ujian : 15:00
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		

Cilegon, 23 Juni 2023
Ketua Sidang,



Dr. RINDU TWIDI BETHARY,
NIP. 198212062010122001

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji II

Dosen Penguji II : Woelandari Fathonah, ST., MT.
Nama Peserta : MUHAMAD AUFU ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Waktu Ujian : 15:00
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		

Cilegon, 23 Juni 2023
Penguji II,



Woelandari Fathonah, ST., MT.
NIP. 199012292019032021

FORM PENILAIAN UJIAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR
FAKULTAS
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL

FORM PENILAIAN Penguji III

Dosen Penguji III : Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
Nama Peserta : MUHAMAD AUFU ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Waktu Ujian : 15:00
Judul Skripsi : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

NO	INDIKATOR PENILAIAN	RENTANG NILAI	NILAI
	Total Nilai		

Cilegon, 23 Juni 2023
Penguji III,







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

FORM REVISI LAPORAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Nama : MUHAMAD AUFU ZAIYNA FAJR THARIQ
NIM : 3336190041
Program Studi : TEKNIK SIPIL
Tanggal Sidang : 23 Juni 2023
Semester Mulai : Genap 2022/2023
Judul Tugas Akhir :

Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)

NO	NAMA PENGUJI	HAL YANG PERLU DIREVISI	PARAF
1	Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.		Tgl: 
2	Siti Asyiah, M.T.		Tgl: 
3	Woelandari Fathonah, ST., MT.		Tgl: 
4	Dwi Esti Intari, S,T., M.Sc.		Tgl: 

Cilegon, 23 Juni 2023
Pembimbing Akademik,

Dr.. RINDU TWIDI BETHARY, S.T., M.T.
NIP. 198212062010122001



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon, Tlp. (0254)395502 Ext. 19

Cilegon, 11 Agustus 2023

No : 061/UN43.3/TA.03/VIII/2023
Lampiran : 1
Perihal : Permohonan Bebas Laboratorium

;
Kepada Yth,
Kepala Laboratorium Teknik Sipil UNTIRTA
Di Tempat.

Dengan hormat,
Dengan ini menyatakan bahwa mahasiswa/dosen :
Nama : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NIM / NIP : 3336190041
Jurusan : Teknik Sipil
Judul Penelitian : Pemanfaatan Terak Nikel Sebagai Bahan Pengganti Agregat
Dalam Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC)
Dosen Pembimbing: 1. Dr. Rindu Twidi Bethary, S.T., M.T.
2. Dwi Esti Intari, S.T., M.Sc.
Kegiatan : Skripsi

Mengajukan permohonan bebas Laboratorium

Demikian permohonan ini dibuat untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya. Saya siap mengikuti SOP dan Tata Tertib Laboratorium yang berlaku, kerusakan/kehilangan alat yang disebabkan oleh kesalahan peneliti menjadi tanggung jawab peneliti.

Mengetahui
Kepala Laboratorium Teknik Sipil

Baehaki, S.T., M.Eng
NIP. 198705082015041001


Pemohon

Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq
NIM. 3336190041


DAFTAR PENGEMBALIAN ALAT LABORATORIUM TEKNIK SIPIL

No	Nama Alat	Satuan	Vol	Kondisi	
				Sebelum	Sesudah
1	Alat Penetrasi Aspal	Buah	1	Baik	Baik
2	<i>Cleveland</i> (Alat Titik Nyala dan Bakar Aspal)	Buah	1	Baik	Baik
3	Alat Pengujian Titik Lembek	Buah	1	Baik	Baik
4	<i>Water Bath</i>	Buah	1	Baik	Baik
5	<i>Marshall Stability Tester</i>	Buah	1	Baik	Baik
6	Alat Pengujian Daktilitas	Buah	1	Baik	Baik
7	<i>Loss on Heating</i> (Alat Pengujian Kehilangan Berat)	Buah	1	Baik	Baik
8	<i>Sieve Shaker</i>	Buah	1	Baik	Baik
9	<i>Sieve Set</i>	Set	1	Baik	Baik
10	<i>Los Angeles Abrasion Machine</i>	Buah	1	Baik	Baik

Mengetahui
Laboran


Dwi Ainun Naseha, ST
NIK. 201808031323

Cilegon, 11 Agustus 2023
Pemohon


Muhamad Aufr Zaiyana Fajr Thariq
NIM. 3336190041

**PEMERIKSAAN MATERIAL
LABORATORIUM TEKNIK SIPIL**

No	Nama Material	Satuan	Volume	
			Awal	Akhir
1	Agregat Alam	Karung	10	0
2	Slag Nikel	Karung	10	0

CATATAN

1. Pembersihan material segera setelah penelitian selesai (maksimal 1 minggu)
2. Pembersihan sisa-sisa material menjadi tanggung jawab peneliti

Mengetahui
Laboran



Dwi Ainun Naseha, ST
NIK. 201808031323

Cilegon, 11 Agustus 2023
Pemohon



Muhamad Afi Zaiyna Fajr Thariq
NIM. 3336190041



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN & BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM.3 Cilegon, Tlp. (0254)395502 Ext. 19

PENGANTAR

HASIL PENGUJIAN LABORATORIUM

Berdasarkan Surat Permohonan Pengujian No. **024/UN43.3.6/TA.03/2022** dan memperhatikan Surat Keterangan Bebas Lab No. **061/UN43.3/TA.03/VIII/2023**, maka pada tanggal **30 Januari 2022 s/d 30 Juni 2022** telah selesai dilakukan Pengujian pada Penelitian Tugas Akhir (TA) dari **Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq /3336190041**, Hasil Pengujian tersebut dapat dilihat pada lampiran (Blanko Pengujian)

Demikian Pengantar Hasil Pengujian Laboratorium ini dibuat untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Cilegon, 11 Agustus 2023
Kepala Laboratorium Teknik Sipil

Baehaki, ST., M.Eng
NIP. 198705082015041001

LAMPIRAN 2
Data Hasil Pengujian Laboratorium



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 3
Jenis Material : Agregat Kasar Alam
Jenis Pengujian : Berat Jenis Agregat

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 31 Januari 2022

Tabel 3

BJ Kasar Agregat Alam				
Uraian	I	II	III	Rata-rata
Berat Benda Uji Kering Oven (g)	2422.5	2443	2395.5	2420.3
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (g)	2451	2468.5	2427.5	2449.0
Berat Benda Uji di Dalam Air (g)	1560	1550	1528	1546.0
BJ Bulk	2.719	2.660	2.663	2.681
BJ SSD	2.751	2.688	2.699	2.712
BJ App	2.809	2.736	2.761	2.769
Penyerapan (%)	1.176	1.044	1.336	1.185

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 4
Jenis Material : Agregat Kasar Terak
Jenis Pengujian : Berta Jenis Agregat

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 31 Januari 2022

Tabel 4

BJ Kasar Agregat Terak				
Uraian	I	II	III	Rata-rata
Berat Benda Uji Kering Oven (g)	2465	2475.5	2478.5	2473.0
Berat Benda Uji Kering Permukaan Jenuh (g)	2467.5	2483	2487	2479.2
Berat Benda Uji di Dalam Air (g)	1620	1631	1637	1629.3
BJ Bulk	2.909	2.906	2.916	2.910
BJ SSD	2.912	2.914	2.926	2.917
BJ App	2.917	2.931	2.945	2.931
Penyerapan (%)	0.101	0.303	0.343	0.249

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 5
Jenis Material : Agregat Halus Alam
Jenis Pengujian : Berat Jenis Agregat

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 31 Januari 2022

Tabel 5

Berat Jenis Halus Agregat Alam			
Uraian	I	II	III
Berat Benda Uji Permukaan Jenuh (g)	500	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (g)	487.5	487	488.5
Berat Picnometer Diisi Air (g)	780	774	784.5
Berat Picnometer + Benda Uji SSD + Air 25°C (g)	1086	1085.5	1092.5
BJ Bulk	2.513	2.584	2.544
BJ SSD	2.577	2.653	2.604
BJ App	2.686	2.775	2.706
Penyerapan (%)	2.564	2.669	2.354

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 6
Jenis Material : Agregat Halus Terak Nikel
Jenis Pengujian : Berat Jenis Agregat

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 31 Januari 2022

Tabel 6

Berat Jenis Halus Agregat Slag		
Uraian	I	II
Berat Benda Uji Permukaan Jenuh (g)	500	500
Berat Benda Uji Kering Oven (g)	493	496
Berat Picnometer Diisi Air (g)	771	780
Berat Picnometer + Benda Uji SSD + Air 25°C (g)	1088.5	1107.5
BJ Bulk	2.701	2.875
BJ SSD	2.740	2.899
BJ App	2.809	2.944
Penyerapan (%)	1.420	0.806

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 7
Jenis Material : Aspal Pertamina 60/70
Jenis Pengujian : Penetrasi Aspal

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 5 Maret 2022

Tabel 7

Penetrasi Pada Suhu 25°C, Beban 100 g Selama 5 detik	I	II	III
Pengamatan I	65	63	63
Pengamatan II	63	67	70
Pengamatan III	61	61	68
Pengamatan IV	64	64	66
Pengamatan V	70	69	61
Pengamatan VI	68	66	64
Rata-Rata	65.2	65.0	65.3

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 9
Jenis Material : Aspal Pertamina 60/70
Jenis Pengujian : Titik Lembek Aspal

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 5 Maret 2022

Tabel 9

No	Nama Kegiatan	Uraian
1	Pembukaan Contoh	Contoh dipanaskan Mulai jam = 08.00 Selesai jam = 08.15
2	Mendinginkan Contoh	Didiamkan di suhu ruang Mulai jam = 08.15 Selesai jam = 08.45
3	Mencapai Suhu Pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C Mulai jam = 08.45 Selesai jam = 09.00
4	Pemeriksaan Titik Lembek	Dimulai pada suhu 25°C Mulai jam = 09.00 Selesai jam = 09.50

No.	Suhu yang Diamati (°C)	Waktu (s)		Titik Lembek (°C)	
		I	II	I	II
1	5	-	-		
2	10	165	172		
3	15	400	366		
4	20	630	605		
5	25	943	837		
6	30	1249	1091		
7	35	1543	1322		
8	40	1583	1612		
9	45	1780	1657		
10	50		1716		

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad AuFi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 11
Jenis Material : Aspal Pertamina 60/70
Jenis Pengujian : Berat Jenis Aspal

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 29 Maret 2022

Tabel 11

Uraian	I
Berat Picnometer (g)	34.5
Berat Picnometer + Air (g)	130.5
Berat Picnometer + Benda Uji (g)	113.5
Berat Picnometer + Benda Uji + Air (g)	131.5
BJ Aspal	1.013

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 12
Jenis Material : Aspal Pertamina 60/70
Jenis Pengujian : Daktilitas Aspal

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 29 Maret 2022

Tabel 12

No	Nama Kegiatan	Uraian
1	Pembukaan Contoh	Contoh dipanaskan Mulai jam = 12.00 Selesai jam = 12.05
2	Mendinginkan contoh	Didiamkan di suhu ruang Mulai jam = 12.05 Selesai jam = 12.15
3	Mencapai suhu pemeriksaan	Direndam pada suhu 25°C Mulai jam = 12.15 Selesai jam = 12.40

Sampel Daktilitas	Panjang Pengujian (cm)
I	120
II	95
III	112
Rata-Rata	109

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 14
Jenis Material : Aspal Pertamina 60/70
Jenis Pengujian : Viskositas Aspal

Lokasi : Lab Sipil Untirta
Tanggal : 31 Januari 2022

Tabel 14

No	Nama Kegiatan	Uraian		
1	Persiapan Alat	Mulai Jam = 08.00 Selesai Jam = 08.10		
2	Pemanasan Alat	Mulai Jam = 08.10 Selesai Jam = 08.20		
Pemeriksaan Viskositas			Suhu (°C)	Waktu (s)
I		Mulai Jam = 08.20 Selesai Jam = 08.30	110	817
II		Mulai Jam = 08.30 Selesai Jam = 08.40	125	312
III		Mulai Jam = 08.40 Selesai Jam = 08.50	140	142
IV		Mulai Jam = 08.50 Selesai Jam = 09.00	150	99

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------

LAMPIRAN 3
Hasil Analisis Perhitungan



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 15
 Jenis Material : Kadar Normal (0%)
 Jenis Pengujian : Pengujian Marhsall Tahap 1

Lokasi : Lab. Sipil Untirta

Tanggal : 10 Maret 2023

TABEL 15

Kode Briket	Angka Koreksi	BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	BJ Agregat Curah (Gsb)	Berat Isi (g/m ³) (Gmb)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		Kelelahan (mm)	Hasil Bagi Marshall
			Kering	SSD	Dalam Air									Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
a	c	f	g	h	i	j = h - i	k			l	m	n	o	p	q	r	s
A - 1	10.46	2.61	1184.50	1205.00	655.00	550.00	2.43	2.58	2.61	2.15	11.35	20.65	45.06	111.00	1161.06	3.80	305.54
A - 2	10.46	2.61	1185.00	1199.00	653.00	546.00	2.43	2.58	2.61	2.17	10.66	20.04	46.80	105.00	1098.30	2.50	439.32
A - 3	10.46	2.61	1183.00	1205.50	661.00	544.50	2.43	2.58	2.61	2.17	10.56	19.95	47.05	101.00	1056.46	2.30	459.33
Rata-Rata	10.46	2.61	1184.17	1203.17	656.33	546.83	2.43	2.58	2.61	2.17	10.86	20.21	46.30	105.67	1105.27	2.87	401.40
A - 1	10.46	2.61	1187.00	1210.00	668.00	542.00	2.41	2.58	2.61	2.19	9.17	19.73	53.55	97.00	1014.62	2.30	441.14
A - 2	10.46	2.61	1158.00	1182.00	640.00	542.00	2.41	2.58	2.61	2.14	11.39	21.69	47.52	91.00	951.86	2.50	380.74
A - 3	10.46	2.61	1184.50	1205.00	663.00	542.00	2.41	2.58	2.61	2.19	9.36	19.90	52.98	90.00	941.40	2.40	392.25
Rata-Rata	10.46	2.61	1176.50	1199.00	657.00	542.00	2.41	2.58	2.61	2.17	9.97	20.44	51.35	92.67	969.29	2.40	404.71
A - 1	10.46	2.61	1157.50	1185.50	644.00	541.50	2.39	2.58	2.61	2.14	10.68	22.06	51.62	90.00	941.40	2.80	336.21
A - 2	10.46	2.61	1175.00	1281.00	667.00	614.00	2.39	2.58	2.61	1.91	20.03	30.23	33.73	96.00	1004.16	2.30	436.59
A - 3	10.46	2.61	1172.50	1196.50	659.00	537.50	2.39	2.58	2.61	2.18	8.84	20.47	56.79	97.00	1014.62	2.30	441.14
Rata-Rata	10.46	2.61	1168.33	1221.00	656.67	564.33	2.39	2.58	2.61	2.08	13.18	24.25	47.38	94.33	986.73	2.47	404.65
A - 1	10.46	2.61	1171.50	1190.00	675.00	515.00	2.38	2.58	2.61	2.27	4.23	17.50	75.81	103.00	1077.38	2.40	448.91
A - 2	10.46	2.61	1154.00	1174.50	671.00	503.50	2.38	2.58	2.61	2.29	3.51	16.88	79.20	108.00	1129.68	2.20	513.49
A - 3	10.46	2.61	1178.00	1197.50	682.00	515.50	2.38	2.58	2.61	2.29	3.80	17.12	77.83	116.00	1213.36	2.60	466.68
Rata-Rata	10.46	2.61	1167.83	1187.33	676.00	511.33	2.38	2.58	2.61	2.28	3.85	17.17	77.61	109.00	1140.14	2.40	476.36
A - 1	10.46	2.61	1167.50	1187.00	671.00	516.00	2.36	2.58	2.61	2.26	4.04	18.37	78.01	105.00	1098.30	3.70	296.84
A - 2	10.46	2.61	1161.50	1184.00	663.00	521.00	2.36	2.58	2.61	2.23	5.45	19.57	72.16	97.00	1014.62	2.70	375.79
A - 3	10.46	2.61	1163.50	1182.00	661.00	521.00	2.36	2.58	2.61	2.23	5.29	19.43	72.80	93.00	972.78	3.40	286.11
Rata-Rata	10.46	2.61	1164.17	1184.33	665.00	519.33	2.36	2.58	2.61	2.24	4.93	19.13	74.32	98.33	1028.57	3.27	319.58

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 16
 Jenis Material : Kadar Terak Nikel (20%)
 Jenis Pengujian : Pengujian Marhsall Tahap 1

Lokasi : Lab. Sipil Untirta
 Tanggal : 10 Maret 2023

TABEL 16

Kode Briket	Angka Koreksi	BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (Gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	BJ Agregat Curah (Gsb)	Berat Isi (g/m ³)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		Kelelahan (mm)	Hasil Bagi Marshall
			Kering	SSD	Dalam Air									Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
a	c	f	g	h	i	j = h - i	k		l	m	n	o	p	q	r	s	
A - 1	10.46	2.65	1218.00	1235.00	700.00	535.00	2.46	2.62	2.65	2.28	7.55	17.61	57.15	104.00	1087.84	3.10	350.92
A - 2	10.46	2.65	1204.00	1212.00	673.00	539.00	2.46	2.62	2.65	2.23	9.29	19.17	51.54	103.00	1077.38	2.50	430.95
A - 3	10.46	2.65	1221.00	1241.50	695.00	546.50	2.46	2.62	2.65	2.23	9.27	19.15	51.59	101.00	1056.46	2.70	391.28
Rata-Rata	10.46	2.65	1214.33	1229.50	689.33	540.17	2.46	2.62	2.65	2.25	8.70	18.64	53.43	102.67	1073.89	2.77	391.05
A - 1	10.46	2.76	1204.00	1219.00	686.00	533.00	2.44	2.62	2.65	2.26	7.56	18.68	59.55	92.00	962.32	2.40	400.97
A - 2	10.46	2.76	1204.50	1219.50	695.00	524.50	2.44	2.62	2.65	2.30	6.02	17.33	65.27	93.00	972.78	1.50	648.52
A - 3	10.46	2.76	1199.50	1213.00	695.00	518.00	2.44	2.62	2.65	2.32	5.23	16.64	68.54	99.00	1035.54	1.90	545.02
Rata-Rata	10.46	2.76	1202.67	1217.17	692.00	525.17	2.44	2.62	2.65	2.29	6.27	17.55	64.45	94.67	990.21	1.93	531.50
A - 1	10.46	2.76	1197.00	1212.00	696.00	516.00	2.42	2.62	2.65	2.32	4.34	16.93	74.39	96.00	1004.16	2.20	456.44
A - 2	10.46	2.76	1302.50	1319.50	746.00	573.50	2.42	2.62	2.65	2.27	6.34	18.67	66.03	103.00	1077.38	1.50	718.25
A - 3	10.46	2.76	1206.50	1219.00	674.00	545.00	2.42	2.62	2.65	2.21	8.71	20.72	57.98	110.00	1150.60	2.30	500.26
Rata-Rata	10.46	2.76	1235.33	1250.17	705.33	544.83	2.42	2.62	2.65	2.27	6.46	18.77	66.14	103.00	1077.38	2.00	558.32
A - 1	10.46	2.76	1198.00	1208.50	693.00	515.50	2.41	2.62	2.65	2.32	3.43	17.22	80.07	90.00	941.40	2.30	409.30
A - 2	10.46	2.76	1210.50	1210.50	695.00	515.50	2.41	2.62	2.65	2.35	2.42	16.35	85.17	88.00	920.48	2.60	354.03
A - 3	10.46	2.76	1210.00	1221.00	700.00	521.00	2.41	2.62	2.65	2.32	3.49	17.27	79.77	88.00	920.48	2.00	460.24
Rata-Rata	10.46	2.76	1206.17	1213.33	696.00	517.33	2.41	2.62	2.65	2.33	3.12	16.95	81.67	88.67	927.45	2.30	407.86
A - 1	10.46	2.76	1194.00	1207.00	689.00	518.00	2.39	2.62	2.65	2.31	3.49	18.33	80.93	97.00	1014.62	2.40	422.76
A - 2	10.46	2.76	1199.50	1209.50	706.00	503.50	2.39	2.62	2.65	2.38	0.26	15.59	98.35	98.00	1025.08	2.50	410.03
A - 3	10.46	2.76	1214.50	1223.50	707.00	516.50	2.39	2.62	2.65	2.35	1.55	16.68	90.70	105.00	1098.30	2.30	477.52
Rata-Rata	10.46	2.76	1202.67	1213.33	700.67	512.67	2.39	2.62	2.65	2.35	1.77	16.86	89.99	100.00	1046.00	2.40	436.77

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
 Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 17
 Jenis Material : Kadar Terak Nikel (60%)
 Jenis Pengujian : Pengujian Marhsall Tahap 1

Lokasi : Lab. Sipil Untirta
 Tanggal : 10 Maret 2023

TABEL 17

Kode Briket	Angka Koreksi	BJ Bulk Agregat	Berat Benda Uji (g)			Isi Benda Uji (cc)	BJ Campuran Maksimum (Gmm)	BJ Efektif Agregat (Gse)	BJ Agregat Curah (Gsb)	Berat Isi (g/m ³)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	Stabilitas		Kelelahan (mm)	Hasil Bagi Marshall
			Kering	SSD	Dalam Air									Bacaan Pada Alat	Setelah Dikoreksi (kg)		
a	c	f	g	h	i	j = h - i	k		l	m	n	o	p	q	r	s	
A - 1	10.46	2.75	1248.00	1269.50	735.00	534.50	2.53	2.70	2.65	2.33	7.66	15.51	50.62	102.00	1066.92	2.00	533.46
A - 2	10.46	2.75	1246.50	1268.00	726.00	542.00	2.53	2.70	2.65	2.30	9.04	16.78	46.09	107.00	1119.22	2.30	486.62
A - 3	10.46	2.75	1252.50	1271.50	738.00	533.50	2.53	2.70	2.65	2.35	7.15	15.04	52.47	105.00	1098.30	2.10	523.00
Rata-Rata	10.46	2.75	1249.00	1269.67	733.00	536.67	2.53	2.70	2.65	2.33	7.95	15.77	49.73	104.67	1094.81	2.13	514.36
A - 1	10.46	2.75	1250.00	1270.50	743.00	527.50	2.51	2.70	2.65	2.37	5.52	14.69	62.42	121.00	1265.66	3.30	383.53
A - 2	10.46	2.75	1263.00	1287.00	750.00	537.00	2.51	2.70	2.65	2.35	6.23	15.33	59.37	110.00	1150.60	2.40	479.42
A - 3	10.46	2.75	1259.50	1279.00	739.00	540.00	2.51	2.70	2.65	2.33	7.01	16.04	56.30	105.00	1098.30	4.00	274.58
Rata-Rata	10.46	2.75	1257.50	1278.83	744.00	534.83	2.51	2.70	2.65	2.35	6.25	15.35	59.36	112.00	1171.52	3.23	379.18
A - 1	10.46	2.75	1253.00	1268.50	740.00	528.50	2.49	2.69	2.65	2.37	4.72	15.10	68.77	95.00	993.70	2.20	451.68
A - 2	10.46	2.75	1250.00	1266.00	735.00	531.00	2.49	2.69	2.65	2.35	5.39	15.70	65.66	110.00	1150.60	3.70	310.97
A - 3	10.46	2.75	1257.50	1276.00	745.00	531.00	2.49	2.69	2.65	2.37	4.82	15.19	68.25	104.00	1087.84	3.10	350.92
Rata-Rata	10.46	2.75	1253.50	1270.17	740.00	530.17	2.49	2.69	2.65	2.36	4.98	15.33	67.56	103.00	1077.38	3.00	371.19
A - 1	10.46	2.75	1241.00	1255.50	732.00	523.50	2.47	2.69	2.65	2.37	3.97	15.56	74.49	95.00	993.70	1.60	621.06
A - 2	10.46	2.75	1260.00	1267.50	735.00	532.50	2.47	2.69	2.65	2.37	4.15	15.71	73.61	98.00	1025.08	2.30	445.69
A - 3	10.46	2.75	1257.50	1266.50	736.00	530.50	2.47	2.69	2.65	2.37	3.98	15.56	74.45	95.00	993.70	1.70	584.53
Rata-Rata	10.46	2.75	1252.83	1263.17	734.33	528.83	2.47	2.69	2.65	2.37	4.03	15.61	74.18	96.00	1004.16	1.87	550.43
A - 1	10.46	2.75	1250.50	1261.00	734.00	527.00	2.45	2.69	2.65	2.37	3.12	15.92	80.43	93.00	972.78	1.60	607.99
A - 2	10.46	2.75	1252.00	1265.00	737.00	528.00	2.45	2.69	2.65	2.37	3.18	15.98	80.08	92.00	962.32	1.90	506.48
A - 3	10.46	2.75	1246.50	1257.00	734.00	523.00	2.45	2.69	2.65	2.38	2.69	15.55	82.72	90.00	941.40	1.80	523.00
Rata-Rata	10.46	2.75	1249.67	1261.00	735.00	526.00	2.45	2.69	2.65	2.38	3.00	15.82	81.07	91.67	958.83	1.77	545.82

Asisten Laboratorium Nama : M. Fadhil Al Hadiana	Paraf :	Peneliti : Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq	Paraf :
---	---------	---	---------



LABORATORIUM JURUSAN TEKNIK SIPIL
BAHAN DAN BETON – SURVEYING – INVESTIGASI TANAH – HIDROLIKA
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)395502 Ext. 19

BLANGKO PENGUJIAN

No. Pengujian : 18
Jenis Material : Kadar Aspal Optimum
Jenis Pengujian : Pengujian Marshall Kondisi KAO

Lokasi : Lab. Sipil Untirta

Tanggal : 10 Maret 2023

TABEL 18

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal Optimum (%)	Kadar Slag Nikel (%)	Hasil	Spesifikasi
VMA (%)	5,75	0	18.49	Minimum 15%
	5,5	20	16.95	
	5	60	15.61	
VIM (%)	5,75	0	4.43	3% - 5%
	5,5	20	3.12	
	5	60	3.00	
VFA (%)	5,75	0	76.05	Minimum 65%
	5,5	20	81.67	
	5	60	67.56	
Stabilitas (kg)	5,75	0	1046.00	Minimum 800kg
	5,5	20	927.45	
	5	60	1077.38	
Flow (mm)	5,75	0	2.80	2mm - 4mm
	5,5	20	2.00	
	5	60	3.23	
MQ (kg/mm)	5,75	0	375.92	Minimum 250 kg/mm
	5,5	20	407.86	
	5	60	371.19	

Asisten Laboratorium
Nama : M. Fadhil Al Hadiana

Paraf :

Peneliti :
Muhamad Aufi Zaiyna Fajr Thariq

Paraf :

LAMPIRAN 4
Dokumentasi




**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id




DOKUMENTASI

No	Dokumentasi	Keterangan
1		Agregat AC=WC
2		Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar
3		Pengujian Berat Jenis Agregat Halus



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

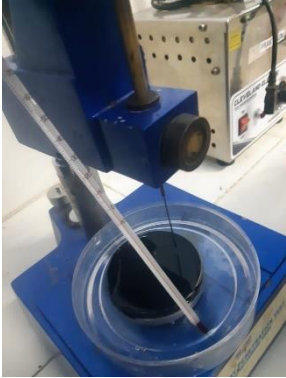


Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

4		Pengujian Abrasi
5		Pengujian Berat Jenis Aspal
6		Pengujian Kehilangan Berat



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

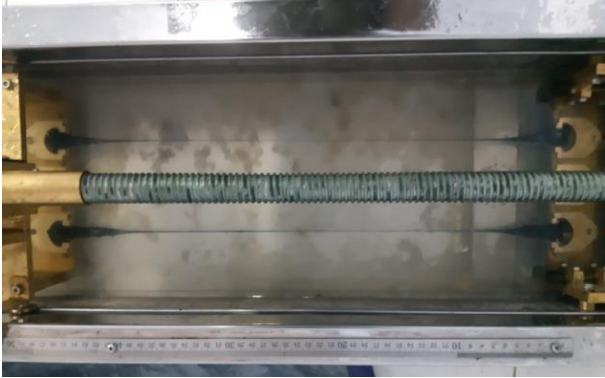

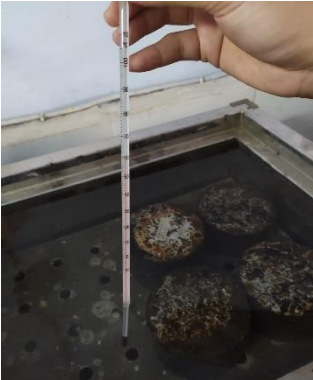
Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

7		Pengujian Penetrasi
8		Pengujian Titik Lembek
9		Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK




Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

10		Pengujian Daktilitas
11	 <p>BENDA UJI II KADAR BERAS PASIR 60% KADAR ASPAL 40% TANGGAL 1-11-2022</p>	Pengujian Marshall
12		Perendaman Benda Uji Di Waterbath



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK




Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

13		Agregat alam
14		Agregat Terak Nikel
15		Quarry Agregat Terak Nikel



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK




Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

16		Quarry Agregat Alam
17		Pengangkutan Agregat Alam
18		Penimbangan Aspal Saat Pencampuran



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK




Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

19		Pemanasan Aspal
20		Pemanasan Agregat
21		Alat Pemadatan Campuran



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA
FAKULTAS TEKNIK

Jl. Jendral Sudirman KM. 3 Cilegon Tlp. (0254)3 95502 Ext. 19
(0254) 976712 Laman : ft.untirta.ac.id

22		Penimbangan Agregat Dalam Air
23		Pengangkutan Agregat Nikel
24		Benda Uji yang Telah Dipadatkan