

JURNAL TEKNIK SIPIL
MACCA

**Pengaruh Variasi Slag Nikel Sebagai Bahan Tambah Agregat Halus
pada Campuran Lapisan Aspal Beton**

Syahrudin¹, St. Maryam Hafram², Andi Alifuddin³

¹Magister Teknik Sipil Program Pascasarjana Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo No. 225 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: Syahrudin80syahr@gmail.com

^{2,3}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia
Jl. Urip Sumoharjo KM 05 Makassar, Sulawesi Selatan
Email: ²stmaryam@umi.ac.id; ³andi.alifuddin@umi.ac.id

ABSTRAK

Saat ini berbagai penelitian telah dilakukan khususnya dalam bidang teknologi material (bahan) untuk komponen campuran perkerasan jalan dengan pemanfaatan limbah. Pemanfaatan Limbah menjadi sangat penting untuk mencegah pengaruh buruk dari buangan limbah tersebut sehingga memiliki nilai manfaat. Disisi lain, pemanfaatan limbah mengurangi pemakaian material Alam yang semakin lama semakin menipis. Salah satu limbah buangan hasil Pengolahan Industri Pertambangan Nikel PT. Antam Tbk, Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara, yaitu Slag Nikel. Diharapkan limbah Slag Nikel mampu meningkatkan kinerja perkerasan jalan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi Slag Nikel pada campuran AC-WC terhadap sifat-sifat *Marshall* dan sifat mekanis campuran AC-WC dengan Slag Nikel pada pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS). Prosedur penelitian menggunakan metode Eksperimen. Pengujian dengan menggunakan alat uji *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength* (ITS). Hasil pengujian menunjukkan bahwa kadar Slag Nikel yang memenuhi sifat-sifat *Marshall* adalah pada kadar Slag Nikel sebesar 10% dan hasil analisis *Indirect Tensile Strength*, didapatkan Kuat tarik tidak langsung maksimum ditunjukkan pada kadar Slag Nikel 10% sebesar 79.147,74 Kpa.

Kata Kunci: Slag nikel, AC-WC, Marshall, *Indirect Tensile Strength*

ABSTRACT

Currently, various studies have been carried out, especially in material technology for components of a mixture of road pavements and waste utilization. Waste utilization is very important to prevent bad effects of the waste so that it gives benefit. On the other side, the use of waste reduces the use of natural materials which are increasingly depleting. One the waste from Nickel Mining Industry Processing of PT. Antam Tbk, Business Unit of Nickel Mining (UBPN) Southeast Sulawesi, namely Nickel Slag. It is expected that Nickel Slag waste can improve the performance of road pavements. This research aims to analyze the effect of the variation of Nickel Slag on the AC-WC mixture on the Marshall properties and the mechanical properties of AC-WC mixture with Nickel Slag on the *Indirect Tensile Strength* (ITS) test. The research procedure uses the experimental method. Testing using the Marshall test equipment and *Indirect Tensile Strength* (ITS) test. The test results show that the Nickel Slag content that meets the Marshall properties is the Nickel Slag level of 10% and the results of the *Indirect Tensile Strength* analysis show that maximum indirect tensile strength is shown at the 10% Nickel Slag content of 79,147.74 Kpa.

Keywords: Nickel slag, AC-WC, Marshall, *Indirect Tensile Strength*

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Penelitian dalam bidang teknologi material sebagai bahan utama campuran Lapisan Aspal Beton (Laston) telah banyak dilakukan. Akan tetapi, kebutuhan material terus meningkat karena meningkatnya populasi penduduk dan pembangunan infrastruktur. Sedangkan, disisi lain material dari alam semakin lama semakin berkurang ketersediaannya.

Dalam pembangunan infrastruktur jalan raya, hal utama yang perlu diperhatikan adalah pengerjaan perkerasan jalan (Ibrahim et al., 2017). Dalam pengerjaan perkerasan jalan, perlu diperhatikan komposisi campuran yang tepat agar menghasilkan konstruksi perkerasan jalan yang memiliki kestabilan dan kekuatan yang baik. Perkerasan jalan yang baik harus mampu menyalurkan beban kendaraan yang melintas diatas permukaan jalan menuju ke tanah dasarnya dengan aman. Konstruksi perkerasan umumnya terdiri dari perkerasan lentur (*flexible pavement*), perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan komposit (*composite pavement*). Sedangkan konstruksi perkerasan jalan raya yang umum digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur (*flexible pavement*).

Lapisan aspal beton (Laston) merupakan satu dari beberapa jenis perkerasan yang umum digunakan dalam perkerasan jalan di Indonesia karena memiliki beberapa keuntungan dalam penggunaannya, yaitu kedap air, stabilitas tinggi sehingga mampu memikul beban besar. Di sisi lain, akibat faktor cuaca, kualitas aspal dan agregat yang kurang baik, hingga akibat *overload*, menyebabkan perkerasan menjadi mudah berdeformasi alur (*rutting*) hingga retak akibat kelelahan (*fatigue*).

Penelitian ini akan berfokus pada penambahan Slag Nikel sebagai material

substitusi dalam campuran lapis aus (AC-WC) untuk mendapatkan nilai *poisson ratio* dan ketahanan deformasi yang baik. Secara fisik, meskipun permukaan Slag Nikel kurang kasar tetapi diharapkan mampu melekat dengan baik dengan aspal serta mampu saling mengunci dengan baik antara agregat alam dan agregat slag nikel sehingga mampu meningkatkan kinerja perkerasan dan memberi pengaruh terhadap peningkatan nilai stabilitas.

Beberapa penelitian slag nikel telah dilakukan sebelumnya menunjukkan karakteristik campuran memenuhi syarat, yaitu pengujian slag nikel dalam campuran HRS-Base (Arruantasik Demmalino et al., 2020), pengujian slag nikel dalam campuran AC-Base (Angka & Kushari, 2017), dan kinerja filler slag nikel dalam campuran HRS (*Hot Rolled Sheet*).

Berdasarkan SK Kementerian Lingkungan Hidup No. B 6152/Dep. IV/LH/08/2010, slag nikel tidak masuk dalam kategori limbah berbahaya (limbah B3), dimana kandungan logam masuk kategori tidak berbahaya. Akibat limbah nikel ini sangat besar depositnya, maka perlu penanganan khusus untuk mengurangi depositnya dan perlu dimanfaatkan kemudian agar dapat menjadi nilai tambah, salah satunya dengan menjadi material campuran dalam perkerasan aspal. Berbagai riset-riset telah dilakukan dalam rangka menanggulangi efek limbah terhadap lingkungan. Slag nikel dapat dijadikan alternatif sebagai bahan tambah dalam perkerasan aspal dan diharapkan mampu berkontribusi terhadap peningkatan kinerja perkerasan jalan.

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana pengaruh variasi slag nikel pada campuran *Asphalt Concrete* (AC-WC) terhadap sifat-sifat *Marshall*
- b. Bagaimana sifat mekanis campuran variasi slag nikel pada pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS)

1.3 Tujuan Penelitian

Menganalisis pengaruh variasi slag nikel pada campuran *Asphalt Concrete* (AC-WC) terhadap sifat-sifat *Marshall* dan menganalisis sifat mekanis campuran variasi slag nikel pada pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS).

1.4 Hipotesis

Substitusi agregat halus dengan material Slag Nikel sebagai bahan tambah pada komposisi abu batu, diharapkan dapat dijadikan sebagai Campuran lapisan aspal beton (Laston), serta dapat dijadikan salah satu perkerasan jalan yang ada di Indonesia.

2. Metode Penelitian

2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada waktu antara November hingga Desember 2020, tempat di Lab. Bahan Perkerasan Jalan, Fakultas Teknik, Universitas Muslim.

2.2 Metode Pengumpulan Data

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan adalah metode eksperimental, yaitu dengan kegiatan pengujian untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan.

2.3 Bahan dan Alat

a. Bahan

Material agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah 1-2, batu pecah 0,5-1, dan *filler* (Abu batu) diperoleh dari daerah Bili- Bili Kabupaten Gowa (Jalan Poros Malino), aspal yang digunakan adalah aspal pertamina pen. 60/70 dan material substitusi adalah agregat slag nikel diambil dari PT. Antam Tbk. UBPN (Unit Bisnis Pertambangan Nikel) Sulawesi Tenggara.

b. Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alat uji karakteristik aspal, agregat-agregat, alat uji Marshall, dan alat uji *Indirect Tensile Strength* (ITS).

2.4 Tahapan Penelitian

a. Tahap 1

Pemeriksaan material berupa pemeriksaan karakteristik agregat split 1-2, split 0,5-1, abu batu, slag nikel dari PT. Antam Tbk. Unit Bisnis Pertambangan Nikel (UBPN) Sulawesi Tenggara dan pemeriksaan karakteristik aspal.

b. Tahap 2

Penentuan kadar substitusi slag nikel dengan melihat hubungan antara gradasi agregat termasuk slag nikel dan kadar aspal rencana. Didapatkan komposisi agregat yang memenuhi adalah 0% - 25% (interval 5%).

c. Tahap 3

Penentuan komposisi campuran AC-WC (*mix design*) berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018. Komposisi aspal

d. Tahap 4

Pembuatan benda uji untuk Marshall sebanyak 18 buah briket untuk penentuan Kadar Aspal Optimum dan 18 buah briket untuk penentuan Kadar Slag Nikel Optimum

e. Tahap 5

Uji karakteristik campuran dengan uji *Marshall*, dengan sampel uji variasi kadar aspal rencana (-0,5% dan +0,5% untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO).

f. Tahap 6

Uji *Marshall* dilakukan kembali dengan sampel kadar aspal optimum (KAO) dan variasi slag nikel untuk mengetahui Kadar Slag Nikel Optimum.

g. Tahap 7

Uji *Indirect Tensile Strength* (ITS) dilakukan sampel dengan variasi Kadar Aspal Optimum (-1% dan +1%) dan substitusi slag nikel 0% - 25% (interval 5%) untuk mendapatkan besar kuat tarik campuran.

3. Hasil Dan Pembahasan

3.1 Pemeriksaan Sifat-Sifat Material

Pemeriksaan sifat-sifat material berikut adalah hasil uji yang disesuaikan berdasarkan ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018, seperti yang ditunjukkan pada tabel 1 dan 2 berikut:

Tabel 1 Hasil Uji Sifat-Sifat Agregat

No	Jenis Pengujian	Batu Pecah (Split)		Abu Batu	Slag Nikel	Spesifikasi
		1 – 2	0,5 – 1			
	Formula	15%	37%	48%	0–25%	
1	Ayakan (% Lolos)					
	3/4"	100	100	100	100	100
	1/2"	58,67	100	100	100	90-100
	3/8"	17,93	89,87	100	100	77-90
	No. 4	0,73	32,63	100	100	53-69
	No. 8	0	0,57	85,80	77,65	33-53
	No. 16	0	0	60,34	48,85	21-40
	No. 30	0	0	44,17	22,35	14-30
	No. 50	0	0	31,36	3,10	9-22
	No. 100	0	0	20,05	0,55	6-15
	No. 200	0	0	11,32	0,15	4-9
2	Berat Jenis Agregat					
	a. <i>Bulk</i>	2,548	2,551	2,591	2,640	2,4-2,9
	b. <i>SSD</i>	2,587	2,600	2,706	2,776	2,4-2,9
	c. <i>Apparent</i>	2,652	2,682	2,523	2,563	2,4-2,9
	d. Penyerapan	1,531	1,905	2,670	2,987	Maks. 3%
3	Berat Isi					
	a. Gembur	1,429	2,049	1,540	-	
	b. Padat	1,475	2,219	1,729	-	

Berdasarkan hasil uji sifat-sifat agregat sesuai tabel 1 diatas, didapatkan secara keseluruhan hasil uji sifat-sifat fisik agregat batu pecah 1-2, batu pecah 0,5-

1, abu batu dan slag nikel memenuhi syarat dalam Spesifikasi Umum Tahun 2018.

Tabel 2 Hasil Uji Sifat-Sifat Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi Aspal Pen. 60/70
1	Penetrasi 25°C;100 gr (0,1 mm)	60	60-70
2	Berat Jenis Aspal	1,024	≥ 1,0
3	Titik Lembek Aspal (°C)	53,25	≥ 48°C
4	Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	220° dan 295°	≥ 232°C
5	Daktalitas, 25°C (cm)	152,50	≥ 100 cm

Hasil pengujian aspal Pertamina penetrasi 60/70 seperti yang ditunjukkan pada tabel 2 diatas menunjukkan sifat-

sifat fisik aspal memenuhi ketentuan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

3.2 Hasil Uji *Marshall*

Uji *Marshall* bertujuan untuk mendapatkan campuran yang memenuhi

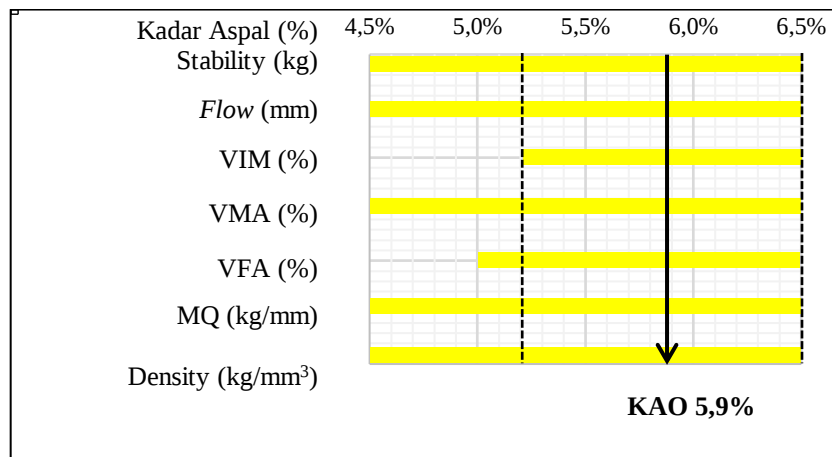
kriteria karakteristik campuran. Berikut hasil pengujian *Marshall* sesuai tabel 3:

Tabel 3 Hasil Uji *Marshall*

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi AC-WC
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%	
Stabilitas (kg)	924,84	1007,7	1072,2	995,62	897,75	Min. 800 kg
Flow (mm)	3,00	2,83	2,93	3,07	3,30	2 - 4 mm
Density (kg/mm³)	2,256	2,281	2,285	2,283	2,276	≥2,2 kg/mm ³
VIM (%)	6,97	5,58	4,78	4,04	3,47	3 - 5%
VMA (%)	16,17	15,87	16,12	16,42	16,87	Min. 15%
VFA (%)	56,87	64,87	70,39	75,45	79,46	Min. 65%
MQ (kg/mm)	309,87	357,32	367,08	326,88	272,93	Min.250 kg/mm

Hasil uji Marshall kemudian dipertimbangkan dalam penentuan besar Kadar Aspal Optimum, dengan melihat campuran dengan kadar aspal tertentu

yang memenuhi 7 karakteristik Marshall (Bastari et al., 2019). Penentuan Kadar Aspal Optimum ditunjukkan dalam gambar 1 berikut:



Gambar 1. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Berdasarkan gambar 1, dapat dilihat hubungan masing-masing karakteristik campuran yaitu *stability*, *flow*, VIM, VMA, VFA, *density*, dan *Marshall Quotient*. Variasi campuran kadar aspal

yang memenuhi persyaratan karakteristik Marshall adalah campuran dengan kadar aspal 5,3%-6,5%. Didapatkan besar kadar aspal optimum campuran AC-WC sebesar 5,9%.

3. Hasil Uji Marshall Kadar Aspal Optimum dengan Slag Nikel

Pengujian Marshall ini dilakukan kembali dengan menguji campuran variasi slag nikel 0%, 5%, 10%, 15%,

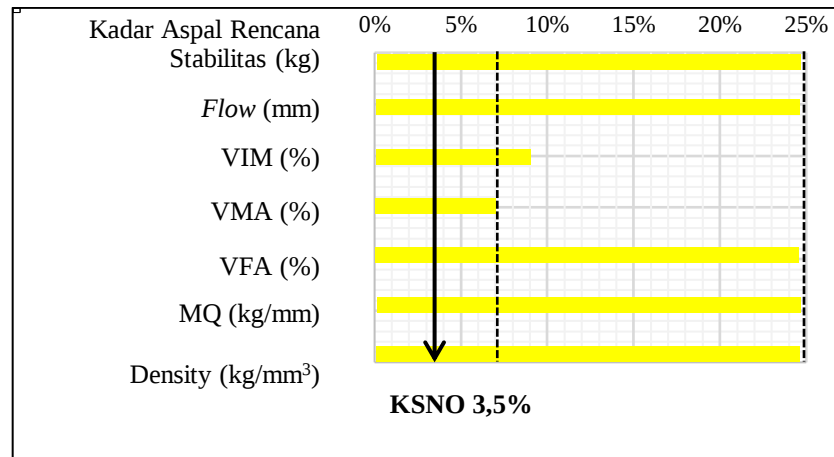
20%, 25% dan kadar aspal optimum, tujuannya untuk mendapatkan kadar campuran slag nikel optimum. Berikut hasil pengujian ditunjukkan pada tabel 4 berikut:

Tabel 4 Hasil Uji Marshall (Kadar Slag Nikel Optimum)

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian						Spesifikasi AC-WC
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	
Stabilitas (kg)	930,64	1056,81	1140,97	1115,98	1080,83	992,96	Min. 800 kg
Flow (mm)	2,93	2,70	2,57	2,63	2,80	3,27	2 - 4 mm
Density (kg/mm ³)	4,40	4,01	3,61	3,13	2,81	2,29	≥2,2 kg/mm ³
VIM (%)	15,88	15,11	14,22	14,48	14,77	15,19	3 - 5%
VMA (%)	72,29	73,45	74,61	78,35	80,94	83,48	Min. 15%
VFA (%)	2,289	2,310	2,334	2,327	2,319	2,308	Min. 65%
Marshall Quotient (kg/mm)	318,10	390,84	444,71	423,84	387,78	327,40	Min. 250 kg/mm

Hasil uji Marshall diatas (tabel 4) dipertimbangkan dalam penentuan besar Kadar Slag Nikel Optimum (KSNO). Kadar Slag Nikel Optimum (KSNO) ini ditentukan berdasarkan variasi-variasi

campuran slag nikel yang memenuhi memenuhi 7 karakteristik Marshall. Berikut penentuan Kadar Slag Nikel Optimum ditunjukkan dalam gambar 2 berikut:



Gambar 2. Penentuan Kadar Slag Nikel Optimum (KPSNO)

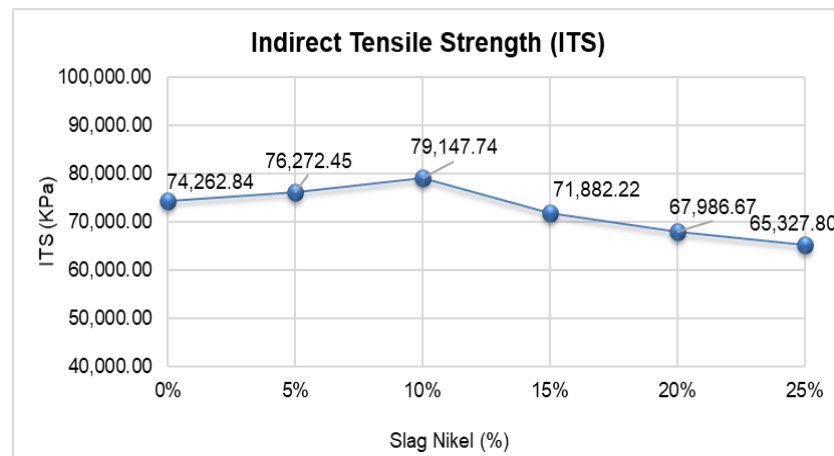
Berdasarkan gambar 2, hubungan masing-masing karakteristik campuran yaitu *stability*, *flow*, VIM, VMA, VFA, *density*, dan *Marshall Quotient* menunjukkan besar kadar slag nikel optimum (KSNO) campuran AC-WC

sebesar 3,5%. Dapat dilihat nilai VMA yang menjadi pertimbangan dalam menentukan batas kadar pasir silika karena kadar pasir silika lainnya tidak memenuhi syarat spesifikasi campuran.

3.4 Hasil Uji *Indirect Tensile Strength* (ITS)

Uji *Indirect Tensile Strength* (ITS) digunakan untuk mengetahui besar kuat tarik tidak langsung campuran aspal.

Berikut hasil uji *Indirect Tensile Strength* ditunjukkan pada gambar 3:



Gambar 3. Grafik *Indirect Tensile Strength* Campuran AC-WC

Berdasarkan gambar 3, kuat tarik cenderung mengalami kenaikan pada campuran slag nikel 0% hingga mencapai kondisi kuat tarik maksimum 10%, dan kemudian turun pada campuran diatas 10% hingga 25% secara signifikan. Penurunan kuat tarik campuran terjadi seiring ditambahkannya slag nikel kedalam

campuran. Penggunaan slag nikel harus dibatasi untuk meminimalisir kuat tarik yang rendah pada campuran. Slag nikel memiliki permukaan yang cenderung halus dibandingkan abu batu, sehingga adhesi antara aspal dan slag nikel menjadi berkurang. Hal ini mengurangi kekuatan tarik campuran.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- a. Hasil uji *Marshall* menunjukkan sifat-sifat campuran memenuhi syarat dalam spesifikasi *Marshall* untuk campuran AC-WC. Didapatkan campuran slag nikel yang memenuhi adalah slag nikel 3,5%.
- b. Hasil uji kuat tarik tidak langsung (ITS) menunjukkan pada slag nikel 10% mencapai kuat tarik maksimum sebesar 79.147,74 KPa dan nilai kuat tarik berkurang setelah penambahan slag nikel diatas 10%.

4.2 Saran

Penelitian ini diharapkan mampu dikembangkan menggunakan slag nikel agar mampu meningkatkan kinerja campuran

Daftar Pustaka

Angka, A. B., & Kushari, K. (2017). Slag nikel sebagai bahan substitusi pada karakteristik campuran AC-Base. *Prosiding Seminar Hasil*

Penelitian (SNP2M), 2017, 89–94.

Arruantasik Demmalino, U., Sielviana Widya Lambe, C., Rahman, R., & Alpius. (2020). Pengujian Slag Nikel Sebagai Pengganti Agregat Pada Campuran HRS-Base. *Paulus Civil Engineering Journal*, 1(2), 44–49.
<https://doi.org/10.52722/pcej.v1i2.61>

Alkam, R. B., Said, L. B., & Muin, S. A. (2019). Durability Performance of Asphalt Concrete Wearing Course Using Marble Waste as Filler. *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 13, 1571-1588.

Departemen Pekerjaan Umum. (2018). *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan (Seksi 6.3)*. Badan Penelitian dan Pengembangan PU. Jakarta.

Ibrahim, F., Halik, J., & Alifuddin, A. (2017). *Analisis Komparatif Desain Perkerasan Lentur Menggunakan Metode AASHTO'93 dengan MDP 2013*.