

# Stabilitas Asfalt Concrete - Binder Course antara Agregat Limbah Ayakan Pasir dan Abu Batu

Wahyu Hanggoro<sup>1</sup>, Decky Rochmanto<sup>2</sup>, Yayan Adi Saputro<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Teknik Sipil, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Nahdhotul Ulama

Jl. Taman Siswa, Pekeng, Kauman, Tahunan, Kec. Tahunan, Kabupaten Jepara, Jawa Tengah 59451

<sup>1</sup>Email: [wahyuhanggoro770@gmail.com](mailto:wahyuhanggoro770@gmail.com)

**Abstract** — *The need for crushed stone in highway construction is very large, where in every highway pavement construction the main aggregate material is split stone which is non-renewable. As a result, day by day it is getting more difficult to get split stone and it is getting more expensive. So alternative materials are needed as a replacement. The replacement material referred to in this research is sand sieve waste, where in every building construction this waste is not used and is only thrown away without a good utilization process. This research aims to determine the comparison of the marshall characteristics of AC lastoan mixture, between stone ash and sand sieve waste. so that you can find out the VMA, VFA, VIM and stability values for these two materials, whether they meet the requirements in accordance with the 2010 General Bina Marga Specifications (revision 3). This research uses experimental methods in the Civil Engineering laboratory of Jepara Nahdhotul Ulama University (UNISNU), with test objects made from a mixture of AC – BC. This test uses 18 test samples, where each type of material consists of 9 samples with 3 samples in each type of asphalt content (5%, 5.5%, and 6%). This test was carried out using a Marshall test equipment to obtain melting and stability values. From the calculation results, the stability value for stone ash material with an asphalt content of 5% was 2071.46 kg, 5.5% was 3682.60 kg, and 6% asphalt content was 2095.07 kg. Meanwhile, the sand sieve waste material with an asphalt content of 5% obtained a value of 2386.46 kg, 5.5% amounted to 1954.91 kg and an asphalt content of 6% amounted to 2351.20 kg.*

**Keywords:** *agregate; laston; Marshall Test.*

**Abstrak** — *Kebutuhan batu belah pada kontruksi jalan raya sangatlah besar, dimana dalam setiap kontruksi perkerasan jalan raya bahan utama agregat adalah batu belah yang bersifat tidak bisa di perbarui. Akibatnya hari demi hari untuk mendapatkan batu belah semakin sulit, dan semakin mahal. Sehingga di perlukan bahan alternatif sebagai penggantinya. Baham pengganti yang di maksud dalam penelitian ini adalah Limbah ayakan pasir, dimana di setiap kontruksi sebuah bangunan limbah ini tidak di gunakan dan hanya di buang sia – sia tanpa adanya proses pemanfaatan yang baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan karakteristik marshall campuran lastoan AC, antara abu batu dan limbah ayakan pasir. sehingga dapat mengetahui nilai VMA, VFA, VIM dan stabilitas pada kedua material tersebut, apakah memenuhi syarat sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 (revisi 3). Penelitian ini menggunakan metode eksperimen di laboratorium Teknik Sipil Uiversitas Nahdhotul Ulama Jepara (UNISNU), dengan benda uji yang terbuat dari campuran AC – BC. Pengujian ini menggunakan 18 sampel uji, dimana pada setiap jenis material terdiri dari 9 sampel dengan 3 sampel di setiap jenis kadar aspal ( 5%, 5,5%, dan 6% ). Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat uji Marshall untuk mendapatkan nilai kelelahan dan stabilitas. Dari hasil perhitungan di dapat nilai setabilitas pada material abu batu dengan kadar aspal 5% sebesar 2071,46 kg , 5,5% sebesar 3682,60 kg , dan kadar aspal 6% sebesar 2095,07 kg. Sedangkan pada material limbah ayakan pasir dengan kadar aspal 5% di dapat nilai sebesar 2386,46 kg, 5,5% sebesar 1954,91 kg dan kadar aspal 6% sebesar 2351,20 kg.*

**Kata kunci:** *agregat; laston; alat uji Marshall.*

## I. PENDAHULUAN

Konstruksi jalan merupakan bagian integral dari infrastruktur yang mendukung pertumbuhan ekonomi dan mobilitas masyarakat. Namun, pemeliharaan jalan yang memadai dan biaya konstruksi yang efisien menjadi tantangan dalam pengembangan dan perawatan jaringan jalan. Dalam upaya untuk mencapai keberlanjutan lingkungan dan ekonomi, penggunaan material alternatif dalam konstruksi jalan telah menjadi fokus penelitian yang signifikan. Abu batu dan limbah ayakan pasir adalah dua sumber material yang tersedia dalam jumlah besar dan dapat

dianggap sebagai alternatif untuk bahan konstruksi jalan yang konvensional.

Selama ini limbah ayakan pasir dalam pembangunan kontruksi hanya di gunakan sebagai bahan penimbun tanah (urugan tanah), dan dianggap sebagai bahan yang tidak berguna. Dalam kasus ini material limbah pasir ini sering di sepelekan oleh sebagian pelaku kontruksi dan tanpa adanya perlakuan penanganan pemanfaatannya. Secara garis besar material ayakan pasir berbentuk seperti batuan seplit namun memiliki perbedaan karakteristik materialnya. Dilihat dari jenisnya material ini

sebenarnya dapat di jadikan pengganti bahan lain yang berbentuk sejenis sebagai penggantinya.

Abu batu merupakan material terkecil dari kegiatan penggilingan batu belah menjadi batu split. Batu split merupakan material utama agregat kasar yang di dimanfaatkan sebagai campuran pembuatan beton bertulang, pengaspalan jalan raya dan lain -lain. Material abu batu merupakan material pengisi agregat dalam kegiatan pengaspalan jalan raya, agar nantinya material dapat mengikat satu sama lain. Material ini hari demi hari semakin susah untuk di dapatkan karena pemanfaatannya yang sangat banyak.

Dari latar belakang kedua jenis material diatas memiliki permasalahan masing – masing, diantaranya limbah ayakan pasir yang di biarkan begitu saja tanpa adanya perlakuan pemanfaatan. Sebaliknya material split abu batu yang begitu banyak pemanfaatannya namun semakin sedikit materialnya. Dari kedua masalah diatas penelitian ini di maksutkan, sebagai upaya penanganan dan pemanfaatan material, dan nantinya dapat sebagai alternatif material penggantinya.

Dari beberapa sumber yang ada, penelitian terdahulu yang berkaitan dengan metode fariasi marshall aspal umumnya hanya berada pada fariasi tumbukan seperti (Laura Alviani., 2023) Variasi Jumlah Tumbukan Terhadap Nilai Marshall Hasil Pemadatan Pada Aspal HRS-WC Secara Manual dan Elektrik, (Rochaeti., 2019) Karakteristik Marshall Campuran Asphalt Concrete Wearing Course dengan Modifikasi Karet alam Padat, (Laras., 2022) Karakteristik Marshall Pada Campuran HRS – WC Dengan penambahan Arang Kayu Tumbukan Sebagai Bahan Pengisi (Filler), (Putra., 2019) tentang Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Ban Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Stabilitas Lapisan AC- WC,(Ika Sulianti , 2023) Pengaruh Penggunaan Rubber Sheet Pada Campuran Lapis Ashpalt. Dari beberapa Penelitian terdahulu belum ada yang meneliti tentang limbah ayakan pasir, Sehingga membuat penulis melakukan penelitian tentang Stabilitas Aspal Concrete - Binder Course antara agregat limbah ayakan pasir dan abu batu sebagai upaca pemanfaatan limbah ayakan pasir, dan apakah dapat memiliki sifat – sifat yang sama dengan material abu batu, yang sudah biasa di pakai di dalam perkerasan jalan raya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### Pengertian AC -BC

AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) adalah lapisan perkerasan aspal yang berada di atas lapisan base course (AC-BC) dan di bawah lapisan wearing course (AC-WC). Lapisan ini memiliki ketebalan minimum 5 cm dan menggunakan aspal binder sebagai bahan pengikat. Fungsi lapisan AC-BC adalah sebagai lapisan pengikat yang menghubungkan lapisan base course dan wearing course, menciptakan struktur yang kuat dan stabil. Lapisan ini juga harus dapat mengikat agregat dan menahan beban kendaraan, serta kedap air dan ketahanan terhadap kelelahan. Berikut merupakan spesifikasi gradasi camputan AC – BC dan parameter marshallnya.

Tabel 1. Spesifikasi campuran AC – BC

Ukuran ayakan		Spesifikasi AC -
ASTM	mm	BC
1"	25	100
3/4"	19	90-100
1/2"	12,5	75-90
3/8"	9,5	66-82
No 4	4,75	46-64
No 8	2,36	30-49
No 16	1,18	18-38
No 30	0,600	12-28
No 50	0,300	7-20
No 100	0,150	5-13
No 200	0,075	4-8

Sumber: Spesifikasi umum Bina Marga, 2018

### Campuran Beraspal Panas

Campuran beraspal merupakan suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal.dalam sebuah campuran beraspal , aspal berperan sebagai pengikat atau lem pada partikel agregat, dan agregat bertugas sebagai tulangan. Dalam hal ini aspal memiliki sifat – sifat mekanis yang di peroleh dari friksi dan kohesi dari bahan – bahan pembentuknya. Dimana Sifat friksi di dapat dari ikatan antar agregat dan sifat kohesi di dapat dari sifat sifat aspal yang di gunakan. Maka dapat di simpulkan jika kinerja campuran beraspal sangat di pengaruhi oleh sifat sifat agregat dan aspal yang di gunakan. Perkerasan dengan kinerja yang sesuai belum dapat di pastikan mendapatkan hasil yang maksimal jika material yang di gunakan tidak sesuai, meski pralatan dan metode yang di gunakan sudah sesuai (Suhardi., 2016).

### Aspal

Aspal merupakan material perekat yang memiliki warna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat di peroleh dari proses penyulingan minyak, aspal merupakan limbah dari penyulingan minyak bumi. Aspal merupakan sebuah benda benda yang memiliki sifat, ketika berada dalam suhu ruang berbentuk padat dan memiliki sifat termoplastis. Aspal dapat di cairkan dengan cara di panaskan dengan suhu tertentu , dan akan kembali pada bentuk semula jika suhu turun kembali. Dalam hal ini aspal dapat di pergunakan dalam kontruksi sebagai berikut:

1. Bahan pengikat ( Memberi ikatan pada material agregat dan aspal itu sendiri);
2. Bahan pengisi (mengisi rongga antar butir agregat dan pori yang ada dari agregat itu sendiri) (Sukirman, 1992).

#### Agregat

Agregat merupakan kumpulan dari butir – butir batu pecah atau mineral lainnya yang terbentuk secara alami atau pun hasil pengolahan. Agregat merupakan bahan penyusun utama dalam penyusun material jalan. Dalam hal ini agregat yang pecah memiliki gaya gesek dala yang tinggi sehingga dapat saling mengunci dan dapat membentuk kesetabilan kontruksi lapis keras guna mendapatkan stabilitas yang tinggi, syarat dari hal tersebut minimum 40 % dari agregat yang tertahan saringan no 4 memiliki paling sedikitnya 1 bidang pecah (Krebs and Walker, 1971).

Kualitas perkerasan jalan raya di tentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Agregat merupakan komponen utama dalam membentuk struktur jalan raya yaitu 90 – 95 % Berdasarkan presentase berat, dan 75 – 85% berdasarkan presentase volumenya (Sukirman, 2007).

#### Filler

Materi filler adalah bahan yang digunakan dalam pembuatan jalan, yang terdiri dari campuran aspal dan agregat. Campuran ini digunakan untuk membuat lapisan perkerasan jalan, yang diperlukan untuk mengurangi getaran, mengurangi kelelahan, dan mengurangi keausan jalan. Materi filler dibagi menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. AC-BC (Asphalt Concrete Binder Course): Lapisan perkerasan aspal di bawah lapisan permukaan (AC-WC). Lapisan ini terdiri

dari agregat kasar dengan ukuran butiran besar dan mempunyai ketebalan minimal 5 cm. Fungsi lapisan ini adalah sebagai lapisan pengikat yang menghubungkan lapisan dasar dan lapisan permukaan sehingga menghasilkan struktur yang kuat dan stabil.

2. AC-WC (Asphalt Concrete Wear Course): Lapisan perkerasan aspal terletak di atas base course (AC-BC). Fungsi lapisan ini adalah sebagai lapisan pengikat yang mengikat lapisan dasar ke lapisan permukaan, memberikan kekuatan, kepadatan dan daya tahan yang diperlukan untuk jalan berat.
3. Campuran Aspal Konvensional: Campuran aspal digunakan sebelum pengujian variasi suhu pemadatan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kadar aspal optimum yang kemudian diuji variasi suhu pemadatan.
4. Campuran Aspal Termoplastik: Campuran aspal menggunakan aspal termoplastik sebagai bahan pengikat. Fungsi lapisan ini adalah sebagai lapisan perekat yang menghubungkan lapisan dasar dan lapisan permukaan, memberikan kekuatan, kepadatan dan daya tahan yang dibutuhkan untuk jalan berat.
5. Campuran Aspal Lunak: Campuran aspal dengan aspal lunak sebagai bahan pengikat. Fungsi lapisan ini adalah sebagai lapisan perekat yang menghubungkan lapisan dasar dan lapisan permukaan, memberikan kekuatan, kepadatan dan daya tahan yang dibutuhkan untuk jalan berat.
6. Campuran Aspal Beton: Campuran aspal menggunakan agregat kasar dan halus dari bahan baku seperti batu, kerikil, dan pasir. Fungsi lapisan ini adalah sebagai lapisan perekat yang menghubungkan lapisan dasar dan lapisan permukaan, memberikan kekuatan, kepadatan dan daya tahan yang dibutuhkan untuk jalan berat.

#### Softening Point

Uji titik lembek aspal merupakan pengujian untuk mengukur titik lembek aspal. Titik lembek aspal adalah suhu di mana bola baja dengan berat tertentu menekan lapisan aspal atau tar yang tertahan dalam cincin dengan ukuran tertentu dan aspal atau tar tersebut bersentuhan dengan pelat dasar di bawah cincin pada suhu tertentu.

Peningkatan ketinggian karena pemanasan spesifik. Pengujian ini menentukan kualitas aspal dan memastikan bahwa aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan memenuhi standar yang dipersyaratkan.

Pengujian titik lembek aspal dilakukan dengan menggunakan alat uji seperti uji titik lembek BI-210 berdasarkan acuan standar SNI 2434: 2011, ASTM D-36, dan AASHTO T-53. Proses pengujiannya melibatkan pemanasan benda uji hingga menjadi cairan seragam dan melewatkannya melalui cincin dengan ukuran tertentu. Suhu pemanasan dan waktu pemanasan diatur sesuai standar yang disyaratkan. Setelah benda uji mencapai suhu tertentu, pengujian dilakukan dengan cara menggesekkan bola baja pada permukaan benda uji atau dengan menyentuhkannya pada pelat dasar. Titik lembek aspal ditentukan dari suhu kontak antara pelat dasar dan benda uji.

Pengujian titik lembek aspal penting dilakukan untuk memastikan aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Titik lembek aspal merupakan salah satu dari beberapa parameter yang digunakan untuk menentukan kualitas aspal. Parameter lainnya meliputi nilai penetrasi, keuletan, dan titik nyala. Pengujian ini membantu memastikan bahwa aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan mempunyai kekuatan, kepadatan, dan daya tahan yang diperlukan untuk jalan tugas berat.

#### Penetrasi Aspal

Penetrasi aspal merupakan parameter yang digunakan untuk mengukur kekerasan relatif semen aspal. Penetrasi aspal dilakukan dengan mengukur jarak penetrasi jarum standar yang tegak lurus terhadap sampel aspal dalam kondisi suhu, beban, dan waktu yang diketahui. Nilai penetrasi atau pengukuran yang dilakukan pada suhu 25°C merupakan nilai penetrasi normal, kecuali jika dinyatakan secara tegas kondisi lain. Unit penetrasi adalah 1/10mm. Semen aspal yang lebih lunak dapat dibedakan menjadi gradasi berdasarkan kekasarannya.

Penetrasi aspal digunakan untuk mengukur kekerasan aspal atau konsistensi aspal. Semakin besar tingkat penetrasi aspal maka kekerasan aspal semakin rendah. Semakin besar penetrasi aspal maka nilai modulus aspal semakin kecil pada kondisi temperatur dan beban yang sama. Semakin tinggi suhu dan semakin lambat

pembebanan maka modulus elastisitas aspal semakin kecil.

Tingkat penetrasi aspal digunakan untuk mengukur kualitas aspal dan memastikan bahwa aspal yang digunakan dalam konstruksi jalan memenuhi standar yang dipersyaratkan.

Campuran agregat aspal hadir dalam berbagai tingkat penetrasi aspal, antara lain 40/50, 60/70, dan 80/100. Umumnya aspal yang digunakan di Indonesia adalah aspal dengan tingkat penetrasi 80/100 dan tingkat penetrasi 60/70.

#### Daktilitas

Daktilitas merupakan kriteria untuk mengukur kualitas aspal. Metode daktilitas menggunakan bola baja yang berputar pada permukaan aspal dan mengukur jarak gerak bola pada saat berputar. Jarak yang ditempuh bola baja memberikan informasi tentang kekerasan aspal. Metode daktilitas digunakan untuk menghitung kestabilan dan fluiditas (kemampuan mengalir) campuran aspal serta menganalisis kepadatan dan pori-pori campuran padat yang terbentuk. Proses pengujian daktilitas meliputi penyiapan benda uji, penentuan berat jenis benda uji, pemeriksaan kestabilan dan nilai aliran, serta perhitungan sifat volumetrik benda uji.

Setelah selesai uji daktilitas, data yang diperoleh dapat digunakan untuk membuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan beberapa sifat lainnya. Persentase rongga terisi aspal (VFA), persentase rongga dalam campuran (VIM), laju alir, kestabilan, dan kestabilan rasio hasil (MQ).

Metode daktilitas digunakan dalam industri konstruksi jalan karena membantu menentukan sifat dan sifat campuran aspal, memastikan bahwa campuran aspal yang digunakan dalam proyek konstruksi mempunyai mutu yang tinggi, dan menentukan komposisi aspal yang benar. Mengetahui sifat aspal memungkinkan proses pembuatannya disesuaikan untuk mencapai kualitas yang lebih baik.

#### Marshall

Metode Marshall merupakan salah satu metode pengujian yang digunakan untuk mengetahui mutu campuran aspal panas. Metode ini digunakan untuk menghitung kestabilan dan leleh (aliran) campuran aspal serta menganalisis massa jenis dan pori-pori campuran padat yang terbentuk.

Alat yang digunakan pada metode Marshall adalah alat press dengan test ring berkapasitas 22,5 KN atau 5000 lbs. Cincin uji dilengkapi dengan dial indikator untuk mengukur kestabilan campuran dan flow meter untuk mengukur lelehnya plastik. Prosedur pengujian Marshall meliputi persiapan benda uji, penentuan berat jenis volumetrik benda uji, verifikasi nilai kestabilan dan aliran, serta perhitungan sifat volumetrik benda uji.

Setelah menyelesaikan uji Marshall, Anda dapat menggunakan data yang diperoleh untuk membuat grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dan beberapa sifat lainnya. Persentase rongga terisi aspal (VFA), persentase rongga dalam campuran (VIM), laju alir, kestabilan, dan kestabilan rasio hasil (MQ).

Metode Marshall digunakan dalam pembangunan jalan karena membantu menentukan sifat dan sifat campuran aspal, memastikan bahwa campuran aspal yang digunakan dalam proyek konstruksi mempunyai mutu yang tinggi, dan menentukan komposisi campuran aspal yang tepat. Mengetahui sifat dan sifat aspal memungkinkan Anda menyesuaikan proses pembuatannya untuk mencapai kualitas yang lebih baik.

### III. METODE

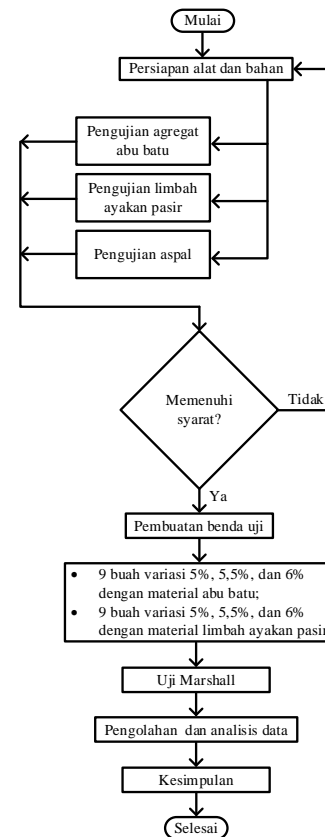
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental di laboratorium Universitas Nahdhotul Ulama Jepara (UNISNU) pengujian laboratorium. Adapun pengujian material (propertis) yang dilakukan meliputi:

1. Pengujian agregat;
2. Softening point;
3. Penetrasi aspal;
4. Daktilitas;
5. Uji Marshall.

Dalam penelitian ini pengamatan dan pemeriksaan terhadap persentase campuran yang memenuhi persyaratannya campuran. Data yang dihasilkan selanjutnya akan digunakan untuk perancangan campuran yang kemudian akan dibuat benda uji untuk dilakukan pengujian marshall. sehingga akhirnya untuk mengetahui karakteristik campuran tersebut.

Pengambilan data dilakukan dengan membuat benda uji sebanyak 9 buah di setiap jenis material yang di gunakan, untuk variasi lapisan aspal beton variasi 5%, 5,5%, dan 6%, di setiap variasi campuran aspal di buat 3 sampel. Sehingga nantinya berat total campuran dalam

satu jenis material untuk memperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) dalam campuran.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Softening Point

Metode ini dimaksudkan sebagai acuan dan pegangan dalam pelaksanaan pengujian titik lembek aspal dan ter. Tujuan metode ini adalah untuk menemukan angka titik lembek aspal dan ter yang berkisar 30°C sampai 200°C dengan cara ring and ball.

Tabel 2. Hasil perhitungan Softening point

No	Suhu yang di amati	Waktu (detik)		Titik Lembek (C)	
		I	II	I	II
1	5	0	0		
2	10	120	120		
3	15	300	300		
4	20	470	470		
5	25	600	600		
6	30	730	730	52	51
7	35	880	880		
8	40	1072	1072		
9	45	1205	1205		
10	50	1339	1339		
Rata – rata titik lembek				51,5	

Menentukan titik lembek:

$$\text{Titik lembek} = \frac{T1+T2}{2}$$

$$\text{Titik lembek} = \frac{52+51}{2} = 51,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Berdasarkan hasil pengujian, nilai penetrasi aspal diperoleh sebesar 51,50 °C yang mana berdasarkan table Spesifikasi Bina Marga tahun 2010 Revisi 3 dengan menggunakan metode pengujian (SNI 06-2434-1991) aspal yang digunakan termasuk kedalam aspal kelas penetrasi 60-70.

**Penetrasi Aspal**

Hasil pembacaan penetrasi rata-rata adalah tidak melebihi batas yang telah ditentukan sebagai berikut:

$$\text{Rumus perhitungan penetrasi rata-rata} = \frac{\text{TP1} + \text{TP2} + \text{TP3}}{3}$$

**Tabel 3. Persyaratan batas toleransi penetrasi aspal**

Hasil penetrasi	0 – 49	50 – 149	150 – 249	> 200
Toleransi	2	4	6	8

Sumber: SNI 2456:2011

Apabila pembebanan antara masing – masing percobaan melebihi toleransi maka pemeriksaan harus diulang kembali. Hasil angka penetrasi dapat dilihat pada Tabel 4.3.

**Tabel 4. Hasil praktikum penetrasi aspal**

Sam pel	Titik	Dial Awal	Dial Awal	Selis ih	Waktu (detik)	Penetrasi Rata-rata
I	1	205	269	64	5	68,33
	2	12	87	72	5	
	3	16	85	69	5	
II	1	175	236	61	5	65,33
	2	180	240	60	5	
	3	95	170	75	5	

- Berdasarkan hasil analisis data praktikum didapatkan nilai penetrasiaspal sampel 1 sebesar 68,33, sampel 2 65,33, dan rata-rata adalah 66,83.
- Dari hasil nilai penetrasi rata – rata 66,83 jadi aspal yang diujidigolongkan kedalam aspal pen 60/70 dan memenuhi aspal jenis pen 60 berdasarkan RSNI S-01-2003 karena nilai penetrasi berada di antara 60 – 79.

**Daktilitas**

**Tabel 5. Hasil analisis perhitungan daktilitas**

No	Benda uji	Pembacaan pengukuran alat(cm)
1	Sampel 1	95
1	Sampel 2	86
Rata - rata		90,5

Hasil pengujian didapat rata-rata dari perhitungan 2 sampel jarak terpanjang adalah 95 cm, hal tersebut tidak sesuai dengan persyaratan penetrasi 60-70 dalam ( RSNI-01-2003.) yaitu min. 100 cm.

**Marshall Data pengujian**  
a. Agregat

**Tabel 6. Agregat AC - BC**

No Saringan	Saringan	Lolos (%)	Tertahan (%)	Kadar Aspal %		
				5,0	5,5	6,0
1	25	0	0	0	0	0
3/4	19	100	0	0,00	0,00	0,00
1/2	12,5	95	5	57,00	56,70	56,4
3/8	9,5	85	10	114,00	113,40	112,8
no 4	4,75	61	24	273,60	272,16	270,72
no 8	2,36	43	18	205,20	204,12	203,04
no 16	1,18	30	13	148,20	147,42	146,64
no 30	0,6	21	9	102,60	102,06	101,52
no 50	0,3	14	7	79,80	79,38	78,96
no 100	0,15	9	5	57,00	56,70	56,4
no 200	0,075	7	2	22,80	22,68	22,56
Pan	0	7	79,80	79,38	78,96	
Berat Total Agregat (gr)				1140	1134	1128
Berat Aspal (gr)				60	66	72
Berat Total Benda Uji (gr)				1200	1200	1200

**Hasil Uji Marshall**

**Tabel 7. Data hasil rata – rata (abu batu)**

Kadar Aspal	Sampel	Diamete	Tinggi	Stabilitas	Flow
5%	1	10,2	6,2	187,5	3,73
5,5%	2	10,2	6,1	132,5	2,86
6%	3	10,2	6,25	138,5	2,26

Dari Tabel 7 didapat dari hasil rata – rata 3 sampel pada setiap kadar aspal campuran abu-batu.

Tabel 8. Data hasil rata – rata (Limbah ayakan Pasir)

Kadar Aspal	Sampel	Diamete	Tinggi	Stabilitas	Flow
5%	1	10,2	6,5	168,5	2,54
5,5%	2	10,2	6,35	132,5	2,525
6%	3	10,2	6,5	166	2,83

Dari Tabel 8 didapat dari hasil rata – rata 3 sampel pada setiap kadar aspal campuran limbah ayakan pasir.

### Angka Korelasi

Tabel 9. Angka korelasi Abu batu

Kadar Aspal	Sampel	Diamete	Tinggi	Volume	Angka korelasi
5%	1	10,2	6,2	506,36	1,04
5,5%	2	10,2	6,1	498,20	1,04
6%	3	10,2	6,25	510,45	1

Tabel 10. Angka korelasi limbah ayakan pasir

Kadar Aspal	Sampel	Diamete	Tinggi	Volume	Angka korelasi
5%	1	10,2	6,5	530,86	0,96
5,5%	2	10,2	6,35	518,61	1
6%	3	10,2	6,5	530,86	0,96

Perhitungan

Tabel 11. perhitungan marshall Abu batu

Nomor	% Aspal Terhadap Batuan		Berat di udara	Berat Dalam Keadaan Jenuh (gram)	Berat Dalam Air	Isi (ml) ( d-e )	Berat Isi Benda Uji ( c / f )	Berat Jenis Maksimum	(b X g)/B.J Aspal
	%	Desimal							
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
5	5%	0,05	1117	1118,5	603,99	514,51	2,171	2,59	6,311
5	5,5%	0,055	1134	1136,5	613,71	522,79	2,169	2,59	6,306
5,5	6%	0,6	1142	1145	618,3	526,7	2,168	2,59	6,933

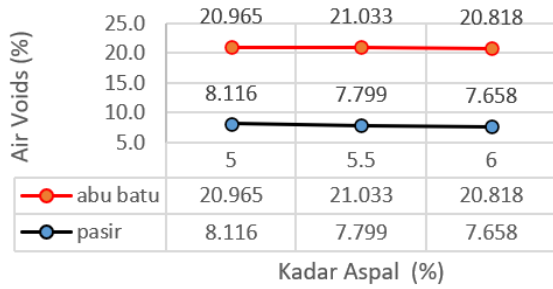
j	Jumlah Kandungan	Persen Rongga Terhadap Agregat	Persen Rongga Terhadap Aspal	Persen Rongga Terhadap Campuran	Pembacaan Arloji Tekan	Stabilitas (o*14,754)	Stabilitas (Kg) (p*angka korelasi)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)(q/r)
	(100 - i - j)	( 100 - j )	( 100 *(i / 1))	( 100 - (100*(g/h)))					
	k	l	m	n	o	p	q	r	s
72,724	20,965	27,276	23,138	16,178	135	1991,79	2071,46	3,73	555,35
72,661	21,033	27,339	23,065	16,250	240	3540,96	3682,60	2,86	1287,62
72,248	20,818	27,752	24,983	16,285	142	2095,07	2095,07	2,26	927,02

Tabel 12. perhitungan marshall limbah pasir

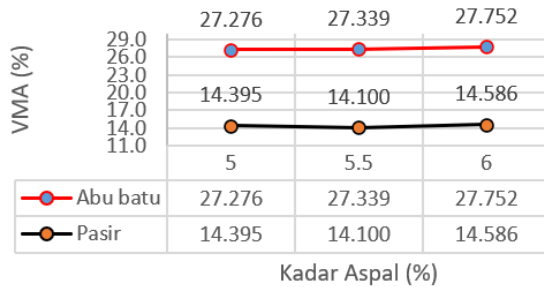
Nomor	% Aspal Terhadap Batuan		Berat di udara	Berat Dalam Keadaan Jenuh (gram)	Berat Dalam Air	Isi (ml) ( d-e )	Berat Isi Benda Uji ( c / f )	Berat Jenis Maksimum	(b X g)/B.J Aspal
	%	Desimal							
	a	b	c	d	e	f	g	h	i
1	Pasir	5%	1160,5	1168	630,72	537,28	2,160	2,5	6,279
2		5,5%	1164	1167,5	630,45	537,05	2,167	2,5	6,301
3		6%	1175	1179	636,66	542,34	2,167	2,5	6,928

((100-b)X g)/B.J Agregat	Jumlah Kandungan	Persen Rongga Terhadap Agregat	Persen Rongga Terhadap Aspal	Persen Rongga Terhadap Campuran	Pembacaan Arloji Tekan	Stabilitas (o*14,754)	Stabilitas (Kg) (p*angka korelasi)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)( q/r)
	(100 - i - j)	( 100 - j )	( 100 *(i / 1))	( 100 - (100*(g/h)))					
	j	k	l	m	n	o	p	q	r
85,605	8,116	14,395	43,619	13,602	168,5	2486,05	2386,61	2,54	939,61
85,900	7,799	14,100	44,685	13,304	132,5	1954,91	1954,91	2,52	774,22
85,414	7,658	14,586	47,497	13,338	166	2449,16	2351,20	2,83	830,81

Gambar 2. Hubungan antara kadar aspal terhadap air void

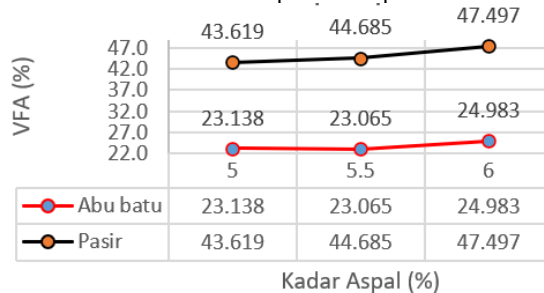


Gambar 3. Hubungan antara kadar aspal terhadap VMA



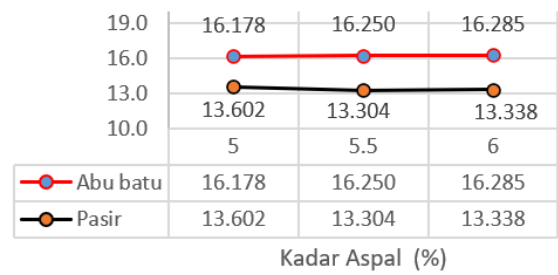
Dari pembacaan grafik di atas, berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 3). Tentang sifat – sifat campuran AC, bahwa semua campuran AC - BC Abu batu memenuhi syarat, karena memiliki nilai ( $\geq 15\%$ ), sedangkan semua campuran AC – BC limbah ayakan pasir tidak memenuhi syarat. Nilai VMA tertinggi terletak pada nilai kadar aspal 6 % dan nilai terendah pada kadar aspal 5 %.

Gambar 4. Kadar aspal terhadap VFA



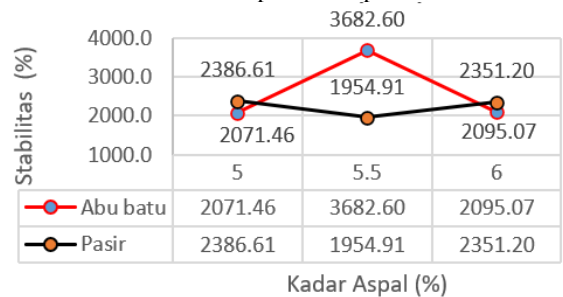
Dari pembacaan grafik di atas, berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 3). Tentang sifat – sifat campuran AC, bahwa semua campuran AC – BC abu batu dan limbah ayakan pasir tidak memenuhi syarat minimal 65 %. Terlihat dari grafik diatas nilai VFA cenderung mengalami kenaikan, hal ini disebabkan bertambahnya kadar aspal membuat rongga terisi dengan banyak aspal, sehingga membuat nilai VFA mengalami kenaikan.

Gambar 5. Kadar aspal terhadap VIM VIM Terhadap Aspal



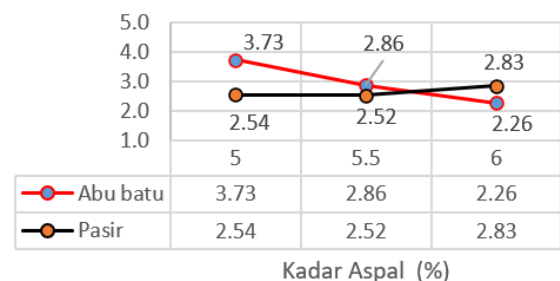
Dari pembacaan grafik di atas, berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 3). Tentang sifat – sifat campuran AC, bahwa semua campuran AC – BC Abu batu memenuhi syarat, karena memiliki nilai ( $\geq 15\%$ ). sedangkan semua campuran AC – BC limbah ayakan pasir tidak memenuhi syarat, karena memiliki nilai ( $\leq 15\%$ ).

Gambar 6. Kadar aspal terhadap stabilitas



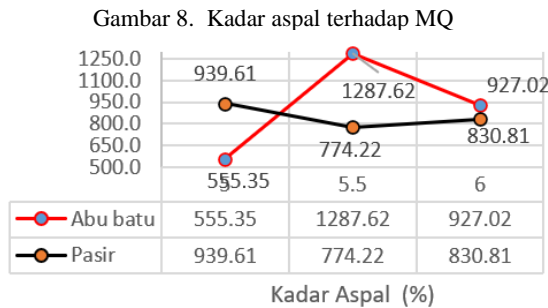
Dari pembacaan grafik di atas, berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 3). Tentang sifat – sifat campuran AC, bahwa semua campuran AC – BC Memenuhi syarat, di mana nilai syarat minimal 1000 kg.

Gambar 7. Kadar aspal terhadap flow



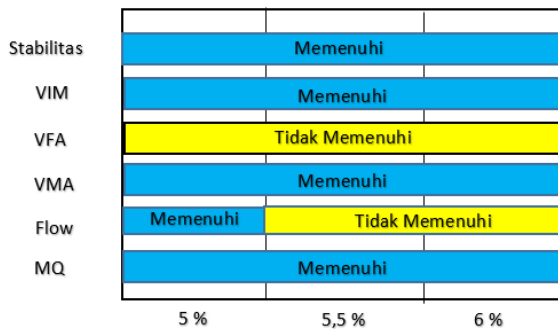
Dari pembacaan grafik di atas, berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 3). Tentang sifat – sifat campuran AC, bahwa semua campuran AC – BC Limbah ayakan pasir tidak Memenuhi syarat, di mana

nilai syarat minimal 3 mm. Namun pada campuran abu batu hanya ada satu sampel yang memenuhi yaitu pada sampel kadar aspal 5% dan untuk kadar aspal 5,5 dan 6% tidak memenuhi syarat.



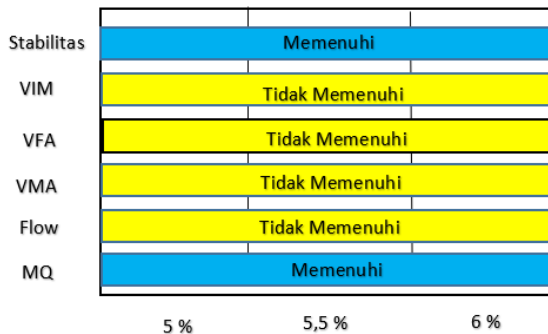
Dari pembacaan grafik di atas, berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga tahun 2010 (revisi 3). Tentang sifat – sifat campuran AC, bahwa semua campuran AC – BC abu batu dan limbah ayakan pasir memenuhi syarat minimal 250 kg/mm.

Gambar 9. Kadar aspal terhadap abu batu



Dari Grafik 9 menunjukkan hampir semua campuran abu batu memenuhi persyaratan, kecuali nilai VFA dan Flow pada kadar aspal 5,5% dan 6%.

Gambar 10. Kadar aspal terhadap limbah ayakan pasir



Dari Grafik 10 menunjukkan hampir semua campuran limbah ayakan pasir tidak memenuhi persyaratan, kecuali nilai Stabilitas dan MQ.

V. KESIMPULAN

1. Kadar aspal terhadap stabilitas pada kedua material abu batu dan limbah ayakan pasir memenuhi syarat, di mana nilai syarat minimal 1000 kg. Dimana dari hasil perhitungan di dapat nilai stabilitas pada material abu batu dengan kadar aspal 5% sebesar 2071,46 kg , 5,5% sebesar 3682,60 kg , dan kadar aspal 6% sebesar 2095,07 kg.
2. Pada material limbah ayakan pasir dengan kadar aspal 5% di dapat nilai sebesar 2386,46 kg, 5,5% sebesar 1954,91 kg dan kadar aspal 6% sebesar 2351,20 kg.
3. Perbandingan nilai stabilitas kedua material abu batu dan material limbah ayakan pasir, nilai tertinggi sebesar 3682,60 kg pada kadar aspal 5,5% terdapat pada material abu batu.

DAFTAR PUSTAKA

Bina Marga. (2010). Spesifikasi umum 2018. *Direktorat Jendral Bina Marga, 2010*(Revisi 3).

Departemen Pekerjaan Umum, B. P. D. P. P., Standar Nasional Indonesia, M. P. T. lembek A. D. Ter, & M-20-1990-F, S. 06-2434-1991; S. S. (n.d.). No Title. *Departemen Pekerjaan Umum, Badan Penelitian dan Pengembangan PU, Standar Nasional Indonesia, Metode Pengujian Titik Lembek Aspal Dan Ter, SNI 06-2434-1991; SK SNI M-20-1990-F.*

Krebs, R.D.and R.D. Walker, (1971), Highway materials, M.-H., & Book Company, New York, N. Y. (n.d.). No Title. *Krebs, R.D.and R.D. Walker, (1971), Highway Materials, McGraw-Hill Book Company, New York, N.Y.*

Laras, P. H., Murniati, & Desriantomy. (2022). Karakteristik marshall pada campuran HRS–WC dengan penambahan arang kayu tumbuk sebagai bahan pengisi (*filler*). *Jurnal Teknika*, 6(1), 1–9.

Laura Alviani Muda Makin, M., Kalogo, E., & Ria Bela, K. (2023). Pengaruh variasi jumlah tumbukan terhadap nilai marshall hasil pematatan pada aspal HRS-WC secara manual dan elektornik. *Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 27–37.

Nasiona, S. N. I., 1991. S. 06-2432-1991 M. P. D. B.-B. A. B. S. (n.d.). No Title. *Standar Nasional Indonesia. 1991. SNI 06-2432-1991 Metode Pengujian Daktilitas Bahan-Bahan Aspal. Badan Standarisasi Nasional.*

Putra, K. L., Prakoso, R. Y., & Muchtar, Z. (2019). Pengaruh penambahan limbah serbuk ban sebagai pengganti agregat halus terhadap stabilitas lapisan AC-WC. *Teknik Sipil*, 14(01), 9–14.

Rochaeti, Utami, R., & Febrianty, L. (2019). Karakteristik marshall campuran asphalt concrete wearing course

- dengan modifikasi karet alam padat SIR 20. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 615–623.
- Suhardi, Priyo, P., & Hadi, A. (2016). Studi karakteristik marshall pada campuran aspal dengan penambahan limbah botol plastik. *Jrsdd*, 4(2), 284–293.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan lentur jalan raya*. Penerbit Nova.
- B. (n.d.). No Title. *Sukirman, S., (1992), Perkerasan lentur jalan Raya, Penerbit Nova, Bandung.*
- Sukirman, S. (2007). B. A. C. P. B. I. T., & Nasional. (n.d.). *No title. Sukirman,.*
- Terhadap, C. C., Marshall, K., Sulianti, I., Subrianto, A., Elvaria, A., & Maharani, I. S. (2023). pengaruh penggunaan rubber sheet pada campuran lapis asphalt. *12(2)*, 92–101.