

## **TUGAS AKHIR**

### **PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI PASIR PANJANG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK AC-BC**

*( THE EFFECT OF USING THE BEACH SANDS OF PASIR  
PANJANG AS FINE AGGREGATE REPLACEMENT ON  
CHARACTERISTICS AC-BC )*

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi  
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Sandy Pebrian Ramadhan**

**15 511 195**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2020**

## TUGAS AKHIR

### PENGARUH PENGGUNAAN PASIR PANTAI PASIR PANJANG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT HALUS TERHADAP KARAKTERISTIK AC-BC

( *THE EFFECT OF USING THE BEACH SANDS OF PASIR  
PANJANG AS FINE AGGREGATE REPLACEMENT ON  
CHARACTERISTICS AC-BC* )

Disusun oleh

**Sandy Pebrian Ramadhan**

**15511195**

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan  
Untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal 11 Agustus 2020

Oleh Dewan Penguji :

**Pembimbing**

**Miftahul Fauziah, S.T.,M.T.,Ph.D**  
NIK: 955110103

**Penguji I**

**Rizki Budi Utomo, S.T.,M.T.**  
NIK: 045110406

**Penguji II**

**Akhmad Marzuko, Ir.,M.T.**  
NIK: 885110107

Mengesahkan,

Ketua Program Studi Teknik Sipil

**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T**

NIK: 885110101

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Sandy Pebrian Ramadhan

NIM : 15511195

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik *AC-BC*

Dengan ini saya menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat bebas dari segala bentuk plagiasi. Apabila kemudian hari terbukti adanya indikasi plagiat dalam Tugas Akhir yang saya susun maka saya akan bersedia menerima sanksi sesuai dengan peraturan yang berlaku.

Yogyakarta, 11 Agustus 2020

Yang membuat pernyataan,



Sandy Pebrian Ramadhan

15511195

## DEDIKASI



***Dengan menyebut nama Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa  
Alhamdulillah,***

Penulis senantiasa tak henti-hentinya mengucapkan syukur atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya yang selalu mengalir untuk hambanya.

Lewat selembar kertas ini, penulis ingin mengucapkan beribu terima kasih kepada:

1. Kedua Orang Tua, dan Kakak yang telah banyak memberikan support untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen Teknik Sipil UII yang telah memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat untuk penulis.
3. Teman-teman Simalas 15 yang selalu memotivasi ketika penulis malas malasan dan saling membantu dalam menyelesaikan masalah bersama.

## KATA PENGANTAR

*Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Alhamdulillah puji syukur ke hadirat Allah SWT karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir tentang “*Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik AC-BC*”.

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini banyak hambatan yang dihadapi penulis, namun berkat saran, kritik, serta dorongan semangat dari berbagai pihak, Alhamdulillah Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan ini, penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Ibu Miftahul Fauziah, S.T.,M.T., Ph.D, dan Ibu Faizul Chasanah,S.T., M.Sc selaku dosen pembimbing Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak ilmu, pengarahan dan dukungan demi terselesaikannya penyusunan Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen penguji Tugas Akhir, yang telah memberikan banyak masukan, kritik maupun saran, dan memberikan evaluasi agar lebih baik di kemudian hari.
3. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T, selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia.
4. Dan seluruh pihak yang telah mendukung terselesaikannya Tugas Akhir ini.

Akhirnya penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis serta berbagai pihak yang membacanya.

*Wassalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Yogyakarta, 11 Agustus 2020

Penulis,

## DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Studi Pustaka	4
2.2 Penggunaan Agregat Halus Pengganti Pada Campuran Perkerasan Jalan	4
2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya	5
BAB III LANDASAN TEORI	8
3.1 Perkerasan Jalan	8
3.2 Lapis Aspal Beton (LASTON)	8
3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur	9
3.3.1 Agregat	9
3.3.2 Bahan Pengisi ( <i>filler</i> )	10
3.3.3 Aspal	11
3.4 Karakteristik Pengujian <i>Marshall</i>	11
3.4.1 Stabilitas ( <i>Stability</i> )	11

3.4.2	Kelelehan ( <i>Flow</i> )	11
3.4.3	<i>Density</i>	12
3.4.4	<i>Voids In Total Mix (VITM)</i>	12
3.4.5	<i>Void Filled With Asphalt (VFWA)</i>	12
3.4.6	<i>Voids in Mineral Agregat (VMA)</i>	12
3.4.7	<i>Marshall Quotient (MQ)</i>	12
3.5	<i>Indirect Tensile Strength</i>	12
3.6	<i>Cantabro</i>	13
3.7	<i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	13
3.8	Analisis	13
<b>BAB IV METODE PENELITIAN</b>		20
4.1	Metode Penelitian	20
4.1.1	Pemeriksaan material	20
4.1.2	Bahan Penelitian	20
4.1.3	Alat Penelitian	20
4.2	Tahapan Penelitian	22
4.2.1	Pengambilan Agregat Uji	22
4.2.2	Pengujian Sifat Fisik Agregat	22
4.2.3	Perencanaan Campuran	24
4.3	Pengujian <i>Marshall</i>	31
4.4	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	32
4.5	Pengujian <i>Cantabro</i>	32
4.6	Pengujian <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	32
4.7	Analisis Data	33
4.8	Bagan Alir Penelitian	34
<b>BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN</b>		39
5.1	Hasil Pengujian Spesifikasi Bahan dan Campuran	39
5.1.1	Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Pengikat	39
5.1.2	Hasil Pengujian Karakteristik Agregat dan <i>Filler</i>	39
5.1.3	Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	41
5.1.4	Kebutuhan Material Agregat pada Kadar Aspal Optimum	48
5.1.5	Pengujian Campuran <i>AC-BC</i> pada Kadar Aspal Optimum dengan menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai sebagai Substitusi Pengganti.	50

5.2	Pembahasan	53
5.2.1	Karakteristik Agregat Kasar	53
5.2.2	Karakteristik Agregat Halus	54
5.2.3	Karakteristik Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	55
5.2.4	Karakteristik Aspal	55
5.2.5	Hasil Peninjauan Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	57
5.2.6	Karakteristik Pengujian <i>Marshall</i> pada KAO Campuran <i>AC-BC</i> dengan Pasir Pantai Sebagai Substitusi Agregat Halus Pengganti.	64
5.2.7	Karakteristik Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i> dengan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Pengganti	72
5.2.8	Karakteristik Pengujian <i>Cantabro</i> dengan Pasir Pantai sebagai Agregat Halus Pengganti	73
5.2.9	Karakteristik <i>Index Retained Strength</i> , Indeks Durabilitas Pertama dan Indeks Durabilitas Kedua pada Pasir Pantai sebagai Agregat Halus Pengganti	74
5.3	Tinjauan Karakteristik Campuran <i>Asphalt Concrete – Binder Course</i> dengan Menggunakan Pasir Pantai Pasir Panjang sebagai Agregat Halus Pengganti	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		79
6.1	Kesimpulan	79
6.2	Saran	80
DAFTAR PUSTAKA		81
LAMPIRAN		



## DAFTAR TABEL

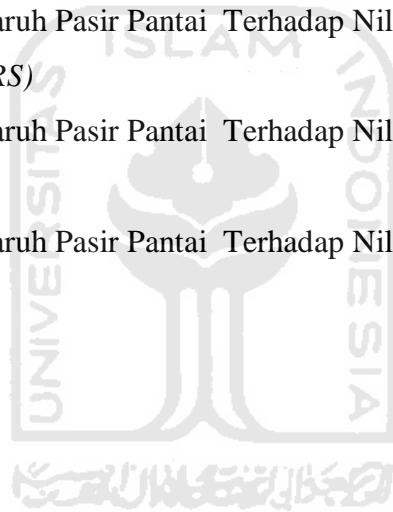
Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian	6
Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)	9
Tabel 3.2 Spesifikasi Ketentuan Agregat Kasar	10
Tabel 3.3 Spesifikasi Ketentuan Agregat Halus	10
Tabel 3.3 Spesifikasi Ketentuan Aspal	11
Tabel 4.1 Spesifikasi Gradasi Agregat <i>Asphalt Concrete Binder Course</i>	25
Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%	27
Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%	27
Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%	28
Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%	28
Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%	29
Tabel 4.8 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal	29
Tabel 4.9 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal	30
Tabel 4.10 Kebutuhan Agregat Halus Clereng dan Pasir Pantai	30
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70	39
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng	40
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng	40
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Pantai	40
Tabel 5.5 Hasil Pengujian <i>Filler</i> Clereng	40
Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 0%	41
Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 25%	41
Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 50%	42
Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 75%	42

Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik <i>Marshall</i> dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 100%	42
Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum	43
Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum	47
Tabel 5.13 Jumlah Agregat pada Substitusi 0% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,33 %	48
Tabel 5.14 Jumlah Agregat pada Substitusi 25% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,3 %	48
Tabel 5.15 Jumlah Agregat pada Substitusi 50% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,225 %	49
Tabel 5.16 Jumlah Agregat pada Substitusi 75% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,15 %	49
Tabel 5.17 Jumlah Agregat pada Substitusi 100% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6 %	49
Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Substitusi Agregat Halus Pengganti	50
Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Substitusi Agregat Halus Pengganti	51
Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Cantabro</i> pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Substitusi Agregat Halus Pengganti	51
Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Index of Retained Strength</i> pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Agregat Halus Pengganti	52
Tabel 5.22 Rekapitulasi Data Uji Statistik <i>Anova</i>	52
Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Penggunaan Pasir Pantai sebagai Substitusi Agregat Halus Pengganti pada Campuran <i>AC-BC</i>	77

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course</i>	26
Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian	35
Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 0%	45
Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 25%	45
Gambar 5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 50%	46
Gambar 5.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 75%	46
Gambar 5.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 100%	47
Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas	58
Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>Flow</i>	59
Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>MQ</i>	60
Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VITM</i>	61
Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VFWA</i>	62
Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai <i>VMA</i>	63
Gambar 5.12 Grafik Hubungan kadar aspal dengan nilai <i>Density</i>	64
Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Substitusi Pasir Pantai Terhadap Nilai Stabilitas	65
Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>Flow</i>	66
Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>MQ</i>	67
Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>VITM</i>	68

Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>VFWA</i>	69
Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>VMA</i>	70
Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>Density</i>	71
Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	72
Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>Cantabro</i>	73
Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	74
Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai Indeks Durabilitas Pertama	75
Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai Indeks Durabilitas Kedua	76



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	84
Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam <i>CCL4/TCE</i>	85
Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas	86
Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal	87
Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	88
Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	89
Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	90
Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Clereng	91
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	92
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	93
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	94
Lampiran 12 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	95
Lampiran 13 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	96
Lampiran 14 Pemeriksaan Keausan Agregat	97
Lampiran 15 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Pasir Panjang 0%	98
Lampiran 16 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Pasir Panjang 25%	99
Lampiran 17 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Pasir Panjang 50%	100
Lampiran 18 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Pasir Panjang 75%	101
Lampiran 19 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Pasir Panjang 100%	102

Lampiran 20 Hasil Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Pasir Panjang Pada Pengujian <i>Marshall</i> KAO	103
Lampiran 21 Hasil Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Pasir Panjang Pada Pengujian <i>Index of Retained Strength</i> 24 Jam	104
Lampiran 22 Hasil Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Pasir Panjang Pada Pengujian <i>Index of Retained Strength</i> 48 Jam	105
Lampiran 23 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> dari Hasil KAO	106
Lampiran 24 Pengujian <i>Cantabro</i> dari Hasil KAO	107
Lampiran 25 Pengujian Durabilitas 24 Jam	108
Lampiran 26 Pengujian Durabilitas 48 Jam	109



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

### Notasi :

- a = persentase aspal terhadap batuan (%)
- b = persentase aspal terhadap campuran (%)
- c = berat kering sebelum direndam
- d = berat kering permukaan jenuh (*SSD*)
- e = berat didalam air
- f = volume benda uji (cc)
- g = berat isi sampel
- h = berat jenis maksimum teoritis campuran
- i = persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal
- j = persentase hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k = jumlah kandungan rongga (%)
- l = rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)
- m = rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)
- n = rongga dalam campuran (*VITM*) (%)
- o = nilai pembacaan arloji stabilitas
- p = nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengan kalibrasi *proving ring*.
- q = stabilitas
- r = *flow* (mm)
- s = tebal benda uji (cm)
- S<sub>1</sub> = Stabilitas setelah direndam selama 0,5 jam
- S<sub>2</sub> = Stabilitas setelah direndam selama 24 jam
- P<sub>runtuh</sub> = Beban Puncak (kg)

**Singkatan :**

*AASHTO* = *American Association Of State Highway and Transporting Official*

*AC-BC* = *Asphalt Concrete - Binder Course*

*ASTM* = *American Standard Testing and Material*

IDP = Indeks Durabilitas Pertama

IDK = Indeks Durabilitas Kedua

IRS = *Index of Retained Strength*

ITS = *Indirect Tensile Strength*

KAO = Kadar Aspal Optimum

MQ = *Marshall Quotient*

SNI = *Standar Nasional Indonesia*

SSD = *Saturated Surface Dry*

VITM = *Void In The Mix*

VFWA = *Void Filled With Asphalt*

VMA = *Void Mineral Agregate*





## ABSTRAK

Pada masa sekarang pembangunan prasarana transportasi jalan di Indonesia meningkat. Kondisi jalan yang baik berpengaruh terhadap lancarnya arus lalu lintas kendaraan. Pasir Pantai Pasir Panjang mempunyai material agregat halus dalam jumlah yang besar dan lebih mudah didapatkan. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kelayakan dari pasir pantai Pasir Panjang sebagai bahan pengganti agregat halus dan mencari pengaruhnya terhadap karakteristik *Marshall*, kuat tarik tak langsung, ketahanan disintegrasi akibat benturan, durabilitas pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course*.

Penelitian ini dilakukan 4 (empat) tahapan. Pada tahap pertama pengujian sifat material yaitu pengujian agregat, aspal, *filler* dan agregat halus pasir Pantai Pasir Panjang. Tahap yang kedua yaitu menentukan kadar aspal optimum pada variasi substitusi Pasir pantai Pasir Panjang 0%, 25%, 50% 75%, dan 100%. Tahap yang ketiga melakukan pengujian *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, *Cantabro*, dan *Index of Retained Strength*. Tahap yang keempat melakukan analisis, pembahasan dan kesimpulan dari hasil pengujian yang dilakukan.

Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa penggunaan pasir Pantai Pasir Panjang pada variasi substitusi 0% sampai 75% dapat digunakan sebagai pengganti dalam campuran *AC-BC* walaupun hasilnya semakin menurun dari agregat halus Clereng. Hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa kemampuan campuran semakin menurun dan kelenturan pada campuran semakin bertambah yang dapat dilihat dengan substitusi pasir pantai 0% sampai 100%. Pada nilai *Indirect Tensile Strength* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai. Nilai *Cantabro* pada semua substitusi mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai. Nilai *IRS* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai dan nilai *IRS* pada substitusi 100% di bawah standar spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu minimal 90%. Hal ini menunjukkan bahwa durabilitas pada campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai.

Kata Kunci : *AC-BC*, agregat halus, pasir pantai Pasir Panjang

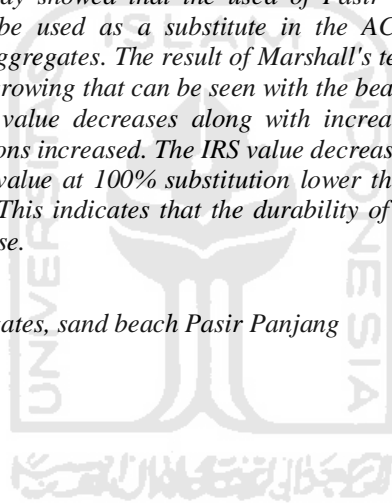
## **ABSTRACT**

*At present the construction of highway transport in Indonesia have increased. Good road conditions affect the flow of vehicle traffic. Pasir Panjang Beach has a large amount of fine aggregate material that easier to be obtained. The purpose of this research is to know the feasibility of Pasir Panjang Beach sand as a fine aggregate substitute for the Asphalt Concrete Binder Course and look for its effect on the characteristics of Marshall, strong indirect tensile, resistance of the disintegrating due to impact, durability in the mixture of Asphalt Concrete Binder Course.*

*The research was conducted 4 stages, in the first phase of the testing of material properties those are aggregate testing, asphalt, filler and fine aggregate of Pasir Panjang Beach. The second stage is to determine the optimum asphalt rate on the sand substitutions variation of Pasir Panjang 0%, 25%, 50% 75%, and 100%. The third stage do testing Marshall, Indirect Tensile Strength, Cantabro, and Index of Retained Strength testing. The fourth stage do the analysis, discussion and conclusion of the test results conducted.*

*The results of the study showed that the used of Pasir Panjang sand on a variation of substitution 0% to 75% can be used as a substitute in the AC-BC mix although the result is decreasing from Clereng fine aggregates. The result of Marshall's test show that the mixture's ability is decreasing and flexibility is growing that can be seen with the beach sand substitution 0% to 100%. The Indirect Tensile Strength value decreases along with increasing substitution of beach sand. Cantabro value of all substitutions increased. The IRS value decreases along with increases the beach sand substitution and the IRS value at 100% substitution lower than the Bina Marga Specification (2010) which is at least 90%. This indicates that the durability of the mixture is decreasing as the beach sand substitutions increase.*

*Keywords : AC-BC, fine aggregates, sand beach Pasir Panjang*



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pada masa sekarang pembangunan prasarana transportasi jalan meningkat karena banyaknya kendaraan bermotor yang digunakan oleh masyarakat di Indonesia. Kondisi jalan yang baik berpengaruh terhadap lancarnya arus lalu lintas kendaraan, sehingga diperlukan lapis perkerasan struktur jalan dan pemeliharaan yang baik agar kondisi jalan aman dan nyaman untuk dilintasi kendaraan.

Agar diperoleh kinerja jalan yang baik, diperlukan kualitas bahan yang memenuhi spesifikasi untuk pembuatan campuran beton aspal. Faktor lain yang mempengaruhi kinerja jalan yaitu pada pembuatan desain campuran beton aspal serta pelaksanaan pembuatan di lapangan yaitu pada cara pencampuran, penghambaran dan pemadatan.

Agregat halus memiliki fungsi dalam perkerasan yaitu sebagai stabilitas dari campuran dengan memperkuat sifat saling mengunci dari agregat kasar dan juga untuk mengurangi rongga udara agregat kasar. Keseimbangan proporsi penggunaan agregat kasar dan halus penting untuk jumlah kadar aspal yang diinginkan.

Pasir pantai di Pantai Pasir Panjang yang berada di Kota Singkawang, Kalimantan Barat mempunyai material agregat halus dalam jumlah yang besar dan lebih mudah didapatkan secara langsung, namun secara kualitas masih perlu diteliti lagi terhadap kekuatan lapis struktur perkerasan jalan khususnya pada campuran beton aspal sehingga dapat dimanfaatkan secara optimal.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dapat dirumuskan sebagai berikut.

1. Bagaimana sifat fisik pasir pantai Pasir Panjang sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *AC-BC* ?
2. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density* ?
3. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap kuat tarik tak langsung pada uji *Indirect Tensile Strength* ?
4. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap ketahanan disintegrasi akibat benturan pada uji *Cantabro* ?
5. Bagaimana pengaruh penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* terhadap durabilitas pada uji *IRS ( Index of Retained Strength )* ?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan penelitian dapat diuraikan sebagai berikut.

1. Untuk mengetahui sifat fisik pasir pantai Pasir Panjang sebagai agregat halus pada campuran perkerasan *AC-BC*.
2. Untuk mengetahui penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang terhadap karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas, *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *density* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.
3. Untuk mengetahui penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang terhadap kuat tarik tak langsung pada uji *Indirect Tensile Strength* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.

4. Untuk mengetahui penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang terhadap ketahanan disintegrasi terhadap benturan pada uji *Cantabro* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.
5. Untuk mengetahui penggunaan agregat halus Pantai Pasir Panjang terhadap durabilitas pada uji *IRS (Index of Retained Strength)* pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat memberi manfaat di bidang perkerasan lentur jalan raya dengan penggunaan pasir pantai Pasir Panjang sebagai substitusi agregat halus terhadap kinerja campuran *AC-BC*.

#### **1.5 Batasan Penelitian**

Agar sesuai dengan tujuan penelitian, adapun batasan dari penelitian seperti berikut ini

1. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Material yang digunakan sebagai agregat dan *filler* abu batu yang digunakan dalam pengujian dari Clereng, Kulon Progo.
3. Agregat halus pasir pantai yang digunakan dari Pantai Pasir Panjang, Singkawang, Kalimantan Barat.
4. Aspal yang digunakan aspal penetrasi 60/70 dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.
5. Variasi agregat halus Pantai Pasir Panjang yang digunakan yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%.
6. Agregat halus untuk disubstitusi adalah agregat halus yang tertahan pada saringan no.30, no.50 dan no.100.
7. Penelitian ini tidak membahas reaksi kimia yang terjadi.
8. Penelitian ini mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Studi Pustaka**

Pada penelitian ini, studi dibutuhkan untuk mengerucutkan permasalahan mengenai pengaruh penggunaan pasir Pantai Pasir Panjang pada perkerasan AC-BC sebagai pengganti agregat halus. Studi pustaka diambil dari penelitian-penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini. Penelitian tersebut akan menjadi tinjauan pustaka untuk pelaksanaan penelitian. Berikut ini penelitian yang pernah dilakukan.

#### **2.2 Penggunaan Agregat Halus Pengganti Pada Campuran Perkerasan Jalan**

Ramadhan dan Suparma (2018) melakukan penelitian pengaruh penggunaan pasir kuarsa pada laston AC-WC sebagai pengganti agregat halus. Penelitian tersebut memakai 5 variasi dari pasir kuarsa. Dari hasil penelitian tersebut stabilitas campuran memenuhi spesifikasi yaitu lebih dari 800kg. Pada Indeks Kekuatan Sisa yang memenuhi persyaratan  $\geq 90\%$  hanya 3 variasi. Untuk pengujian kuat tarik langsung (*ITS condition* dan *un-condition*) diperoleh nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)* memenuhi spesifikasi Bina Marga yaitu minimal 80%.

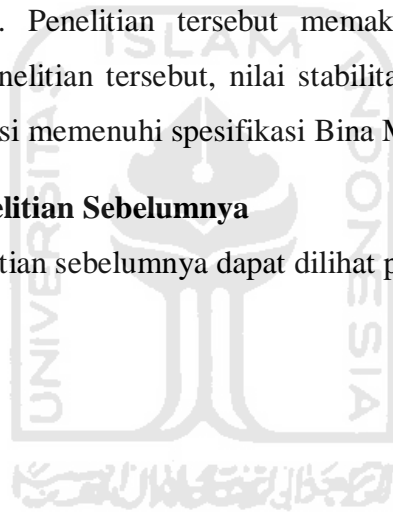
Refi (2015) melakukan studi efek pemakaian pasir laut sebagai agregat halus pada campuran aspal panas (AC-BC) dengan pengujian *Marshall*. Berdasarkan hasil penelitian, kadar optimum aspal pada pemakaian pasir sungai sebagai agregat halus yang digunakan dalam pencampuran beton aspal sebesar 7,5%, sedangkan pasir pantai sebesar 6,25%. Dilihat dari karakteristik nilai *Marshall* dan kadar aspal optimum, kedua agregat tersebut memenuhi spesifikasi Bina Marga dan agregat halus pasir laut dapat digunakan untuk bahan campuran aspal panas lapisan AC-BC.

Arifiardi dkk (2016) melakukan analisis pengaruh penggunaan pasir pantai Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap persyaratan parameter *Marshall*. Pada penggunaan campuran 50% pasir pantai dan 50% pasir gunung memenuhi parameter *Marshall* pada perkerasan AC-WC. Pada penggunaan campuran 100% pasir pantai memenuhi persyaratan *flow*, *VMA*, *VFB*, dan *VIM*. Namun pada *MQ* dan stabilitas tidak memenuhi syarat, sehingga tidak dapat digunakan sebagai substitusi keseluruhan sebagai agregat halus pada perkerasan AC-WC.

Zakaria dan Fauziah (2012) melakukan penelitian optimasi penggunaan pasir Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)*. Penelitian tersebut memakai 5 variasi dari pasir Bengawan Solo. Hasil penelitian tersebut, nilai stabilitas dan *Index of Retained Strength* pada semua variasi memenuhi spesifikasi Bina Marga (2010).

### **2.3 Perbandingan Penelitian Sebelumnya**

Perbandingan penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut.



**Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian**

No	Aspek	Peneliti				
		Ramadhan dkk (2018)	Zakaria dan Fauziah (2012)	Refi (2015)	Arifiardi dkk (2016)	Peneliti
1	Judul	Pengaruh penggunaan pasir kuarsa pada laston <i>AC-WC</i> sebagai pengganti agregat halus	Optimasi penggunaan pasir Bengawan Solo sebagai agregat halus pada campuran <i>Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i>	Efek pemakaian pasir laut sebagai agregat halus pada campuran aspal panas ( <i>AC-BC</i> ) dengan pengujian <i>Marshall</i>	Pengaruh penggunaan pasir pantai Carita sebagai campuran agregat halus pada lapis permukaan aspal beton terhadap persyaratan parameter <i>Marshall</i>	Pengaruh penggunaan pasir pantai Pasir Panjang pada perkerasan <i>AC-BC</i> sebagai pengganti agregat halus
2	Jenis Campuran Agregat	<i>AC-WC</i>	<i>AC-BC</i>	<i>AC-BC</i>	<i>AC-WC</i>	<i>AC-BC</i>
3	Bahan yang Digunakan	Pasir kuarsa	Pasir sungai	Pasir laut	Pasir pantai	Pasir pantai



Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian

No	Aspek	Peneliti				
		Ramadhan dkk (2018)	Zakaria dan Fauziah (2012)	Refi (2015)	Arifiardi dkk (2016)	Peneliti
4	Agregat Pengganti	Pengganti agregat halus	Pengganti agregat halus	Pengganti agregat halus	Pengganti agregat halus	Pengganti agregat halus
5	Pengujian	<i>Marshall</i> dan <i>ITS</i>	<i>Marshall</i> dan <i>IRS</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	<i>Marshall, IRS, ITS, Cantabro</i>
6	Hasil	Penggunaan pasir kuarsa dalam campuran yang masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu V1,V2 dan V3 dan uji ITS masih semua variasi masuk spesifikasi.	Nilai karakteristik <i>Marshall</i> dan <i>IRS</i> memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga (2010)	Nilai karakteristik <i>Marshall</i> dan kadar aspal optimum yang dihasilkan memenuhi spesifikasi	Penggunaan campuran 50% pasir pantai dan 50% pasir gunung memenuhi parameter <i>Marshall</i> pada perkerasan AC-WC	-

Sumber : Ramadhan dkk(2018), Zakaria dan Fauziah(2012), Refi(2015), Arifiardi(2016),

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang dihampar di atas permukaan tanah dasar yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas secara aman dan nyaman. Menurut Sukirman (1999) perkerasan jalan yaitu suatu lapisan yang terletak di atas tanah dasar yang telah dipadatkan dan berfungsi untuk memikul beban dan meneruskannya ke lapisan tanah dasar agar tanah tidak mendapat tekanan yang melebihi daya dukung tanah yang diijinkan.

Berdasarkan bahan ikatnya, jenis perkerasan dibedakan menjadi 2 macam, yaitu :

1. Perkerasan lentur (*Flexible pavement*)

Perkerasan yang menggunakan bahan campuran beraspal panas sebagai lapis permukaan dan bahan butir atau agregat yang digunakan untuk lapis pondasi.

2. Perkerasan kaku (*Rigid pavement*)

Perkerasan yang menggunakan plat beton semen sebagai lapis pondasi yang diletakkan di atas tanah dasar yang beban lalu lintasnya sebagian dipikul oleh plat beton.

#### **3.2 Lapis Aspal Beton (LASTON)**

Menurut Bina Marga (2010) lapis aspal beton yaitu salah satu jenis campuran beraspal yang digunakan sebagai permukaan pada perkerasan lentur. Lapisan penutup konstruksi jalan ini mempunyai nilai struktural yang pertama kali dikembangkan di Amerika oleh *Asphalt Institute* dengan nama *AC (Asphalt Concrete)*, campuran beraspal ini terdiri dari agregat menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butiran merata mulai dari yang terbesar sampai ukuran terkecil. *Asphalt Concrete* memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya karena material saling mengunci satu dan lainnya.

Menurut Bina Marga (2010) Laston terdiri dari tiga jenis campuran yaitu Laston Lapis Aus AC-WC, Laston Lapis Pengikat AC-BC, dan Laston Lapis Pondasi AC-Base. Ketentuan sifat campuran beraspal laston dapat dilihat pada Tabel 3.1 berikut.

**Tabel 3.1 Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)**

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Total Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas <i>Marshall</i> Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber : Bina Marga (2010)

### 3.3 Material Penyusun Perkerasan Lentur

Material penyusun perkerasan lentur yang akan digunakan dalam penelitian terdiri dari agregat halus, agregat kasar, bahan pengisi (*filler*), bahan ikat aspal penetrasi 60/70 dan juga bahan tambah lainnya menyesuaikan dengan jenis campuran penelitian.

#### 3.3.1 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan. Agregat merupakan bagian terbesar dalam suatu campuran aspal. Berdasarkan Sukirman (1999) agregat terbagi menjadi 3 sebagai berikut.

1. Agregat kasar, yaitu agregat yang memiliki ukuran lebih besar dari 4,75 mm menurut *ASTM* atau lebih besar dari 2mm menurut *AASHTO*.

2. Agregat halus, yaitu agregat yang lolos saringan kurang dari 4,75 mm menurut *ASTM* atau lebih besar dari 0,75 mm dan kurang dari 2mm menurut *AASHTO*.
3. Abu batu/mineral (*filler*), yaitu agregat halus yang lolos saringan No.200.

Berdasarkan ketentuan Bina Marga (2010) dapat dilihat pada Tabel 3.2 dan Tabel 3.3 mengenai spesifikasi ketentuan agregat kasar dan spesifikasi agregat halus.

**Tabel 3.2 Spesifikasi Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian			Standar	Nilai
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	SNI 2417 : 2008	Maks. 6%
		500 putaran		Maks. 30%
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 2439 : 2011	Min. 95%

Sumber : Bina Marga (2010)

**Tabel 3.3 Spesifikasi Ketentuan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
<i>Sand Equivalent</i>	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Berat jenis dan penyerapan air agregat halus	SNI 03-1969-1990	Berat Jenis > 2,5 Penyerapan air < 3%

Sumber : Bina Marga (2010)

### 3.3.2 Bahan Pengisi (*filler*)

Bina Marga (2007) menyatakan bahan pengisi (*filler*) merupakan material pengisi yang lolos saringan no.200 yang bisa berupa debu batu, abu kapur, abu terbang, semen (*portland semen*) atau bahan non plastis lainnya yang harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan-bahan lain yang mengganggu. Penggunaan *filler* pada campuran perlu di batas, jika proporsi *filler* terlampau tinggi maka campuran cenderung menjadi getas dan akan mudah retak akibat beban lalu lintas.

### 3.3.3 Aspal

Menurut Sukirman (1999) aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, di mana kedua material sebelum dicampur secara homogen harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut sebagai *hot mix*. Semua pekerjaan pencampuran *hot mix* dilakukan di pabrik pencampur yang disebut sebagai *Asphalt Mixing Plant (AMP)*.

Berdasarkan ketentuan Bina Marga (2010) dapat dilihat pada Tabel 3.3 mengenai spesifikasi ketentuan aspal Pen 60/70.

**Tabel 3.4 Spesifikasi Ketentuan Aspal**

Jenis Pengujian	Metode Penelitian	Aspal Pen 60/70
Berat Jenis	SNI 06-2441-1991	$\geq 1,0$
Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	SNI 06-2434-1991	$\geq 48$
Daktilitas pada $25^{\circ}\text{C}$ (cm)	SNI 06-2432-1991	$\geq 100$
Penetrasi pada $25^{\circ}\text{C}$ (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
Kelarutan dalam Karbon Tetra Klorida (%)	SNI 06-2438-1991	$\geq 99$
Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	SNI 06-2433-1991	$\geq 232$

Sumber : Bina Marga (2010)

### 3.4 Karakteristik Pengujian *Marshall*

Metode pengujian *Marshall* dimaksudkan untuk mengetahui nilai stabilitas, kelelehan (*flow*), *VITM*, *VFWA*, *Density*, *VMA*, dan *Marshall Quotient*.

#### 3.4.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas adalah kemampuan campuran beton aspal dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas sehingga tidak terjadinya perubahan bentuk seperti gelombang dan alur pada perkerasan jalan yang dinyatakan dalam satuan kg. Semakin tinggi nilai stabilitas yang didapat, maka semakin besar kemampuan perkerasan jalan dalam menahan beban lalu lintas.

#### 3.4.2 Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan adalah keadaan di mana suatu campuran yang mengalami perubahan bentuk secara diametral yang terjadi akibat beban lalu lintas batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan mm. Semakin besar kadar aspal yang dimasukkan dalam campuran beton aspal, maka semakin besar nilai kelelehan yang didapatkan.

#### 3.4.3 *Density*

*Density* yaitu tingkat kepadatan dari campuran beton aspal yang dinyatakan dalam satuan gr/cc. Semakin besar nilai *density* dari suatu campuran, maka campuran aspal tersebut semakin padat.

#### 3.4.4 *Voids In Total Mix (VITM)*

*VITM* adalah persentase rongga yang ada pada campuran aspal beton yang diukur terhadap volume dari total campuran yang dinyatakan dalam nilai persen (%). Kekedapadan campuran terhadap air juga berpengaruh dalam nilai *VITM*.

#### 3.4.5 *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*VFWA* yang dinyatakan dalam nilai persen (%) adalah banyaknya aspal yang mengisi rongga-rongga campuran aspal yang dapat membuat campuran menjadi kedap terhadap udara dan air.

#### 3.4.6 *Voids in Mineral Agregat (VMA)*

*VMA* adalah rongga yang terdapat dalam campuran aspal yang sudah dipadatkan termasuk rongga yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen (%). Semakin besar kerenggangan butir agregat dalam campuran, maka semakin besar nilai *VMA*.

#### 3.4.7 *Marshall Quotient (MQ)*

Nilai *Marshall Quotient* yaitu hasil bagi antara stabilitas dengan kelelahan yang dinyatakan dalam nilai kg/mm yang digunakan untuk pendekatan dalam mengukur fleksibilitas campuran.

### 3.5 *Indirect Tensile Strength*

*Indirect Tensile Strength* yaitu metode pengujian untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran perkerasan. Uji ini dilakukan untuk mengetahui potensi kerusakan perkerasan yang ada di lapangan nanti.

Pengujian *Indirect Tensile Strength* ini metodenya hampir sama dengan tes *Marshall*, yang membedakan hanyalah pada pengujian ini tidak perlu menggunakan cincin penguji, tetapi digunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Pengujian dilakukan dengan pembebanan tekan yang

dilakukan secara terus menerus dengan kelajuan konstan sampai mencapai batas maksimum, di mana setelah pembebanan maksimum maka benda uji akan mengalami keretakan.

### 3.6 *Cantabro*

Pengujian *cantabro* adalah pengujian yang menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola baja agar diketahui besar batas keausan akibat pembebanan roda lalu lintas. Pembebanan lalu lintas dilakukan secara berulang-ulang pada lapisan permukaan perkerasan yang menyebabkan lapisan menjadi aus, akibatnya lapisan perkerasan mengalami penurunan daya tahan.

### 3.7 *Index of Retained Strength (IRS)*

Uji rendaman *Marshall* bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik dari campuran aspal akibat pengaruh air, cuaca dan suhu. Pada dasarnya pengujian ini sama seperti pengujian *Marshall* pada umumnya, hanya saja waktu perendamannya yang berbeda. Benda uji untuk immersion test direndam selama 24 jam pada suhu 60 °C sebelum benda uji dilakukan pembebanan.

*IRS* biasanya dikenal sebagai nilai sisa dari stabilitas *Marshall* bertujuan untuk melihat daya tahan campuran terhadap kerusakan oleh air. Syarat dari Bina Marga untuk nilai *IRS* minimal adalah 90%.

### 3.8 Analisis

Untuk mendapatkan nilai-nilai karakteristik *Marshall*, *ITS*, *cantabro* dan *IRS* diperlukan persamaan-persamaan sebagai berikut.

#### 1. Berat Jenis Aspal

$$B_j \text{ aspal} = \frac{(C-A)}{(B-A)-(D-C)} \quad (3.1)$$

Keterangan :

A = Berat piknometer dengan penutup (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

C = Berat piknometer berisi aspal (gr)

D = Berat piknometer berisi aspal dan air (gr)

2. Berat Jenis Agregat

$$B_j \text{ agregat} = \frac{(F1 \times A) + (F2 \times B)}{100} \quad (3.2)$$

Keterangan :

F1 = Persentase agregat kasar (%)

F2 = Persentase agregat halus (%)

A = Berat jenis agregat kasar (gr)

B = Berat jenis agregat halus (gr)

3. Berat Jenis *Filler*

$$B_j \text{ filler} = \frac{Bk}{B+200-Bt} \quad (3.3)$$

Keterangan :

Bk = Berat benda uji kering oven (gr)

B = Berat piknometer berisi air (gr)

Bt = Berat piknometer berisi benda uji dan air (gr)

200 = Berat benda uji dalam keadaan kering permukaan (gr)

Kemudian nilai-nilai stabilitas, kelelahan, *Density*, *VITM*, *VFWA*, *VMA*, dan *MQ* dapat dihitung berdasarkan data-data berikut.

4. Stabilitas

Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dari persamaan berikut :

$$S = p \times q \quad (3.4)$$



Keterangan :

$S$  = angka stabilitas sesungguhnya

$p$  = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

$q$  = angka koreksi benda uji

5. *Flow*

*Flow* atau kelelahan menunjukkan deformasi benda uji akibat pembebanan. Nilai kelelahan dapat langsung dibaca melalui arloji *flow* saat tes *Marshall*, tetapi nilai pada arloji masih dalam satuan inci yang kemudian di koversikan menjadi milimeter.

6. *Density*

*Density* yaitu nilai kepadatan suatu campuran aspal. Nilai *Density* dihitung dengan persamaan :

$$g = c / f \quad (3.5)$$

$$f = d - e \quad (3.6)$$

Keterangan :

$g$  = nilai *Density* (gr/cc)

$c$  = berat kering sebelum direndam (gr)

$d$  = berat benda uji jenuh air (gr)

$f$  = volume benda uji (cc)

$e$  = berat benda uji dalam air (gr)

7. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Nilai *VFWA* dihitung dengan persamaan :

$$VFWA = 100 \times \frac{i}{l} \quad (3.7)$$

$$I = \frac{b \times g}{Bj \text{ aspal}} \quad (3.8)$$

$$I = 100 \times j \quad (3.9)$$

$$j = \frac{(100-b) \times g}{Bj \text{ agregat}} \quad (3.10)$$

Keterangan :

b = persentase aspal terhadap campuran (gr)

g = berat isi sampel (gr/cc)

j = presentase aspal terhadap campuran

8. *Void In Total Mix (VITM)*

Nilai *VITM* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$VITM = 100 - (100 \times g / h) \quad (3.11)$$

$$h = \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{bj \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{bj \text{ aspal}}} \quad (3.12)$$

Keterangan :

g = berat isi sampel (gr/cc)

h = berat maksimum teoritis campuran (gr/cc)

9. *Void in Mineral Aggregate (VMA)*

$$VMA = 100 - \frac{(100-B) \times G}{Rbj \text{ Bulk Agg}} \quad (3.13)$$

Keterangan :

VMA = rongga dalam agregat mineral

B = % aspal terhadap campuran

G = berat isi campuran

10. *Marshall Quotient*

Nilai *MQ* dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$MQ = \frac{S}{R} \quad (3.14)$$

Keterangan :

$MQ$  = nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

$S$  = nilai stabilitas (kg)

$R$  = nilai *flow* (mm)

#### 11. *Indirect Tensile Strength* ( *ITS* )

*Indirect Tensile Strength Test* adalah kuat tarik maksimum dihitung dari puncak beban. Nilai *ITS* dapat diperoleh dari Persamaan 3.15 seperti berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P}{\pi \times d \times h} \quad (3.15)$$

Keterangan:

$ITS$  = kuat tarik tidak langsung (N/mm<sup>2</sup>)

$P$  runtuh = beban puncak (N)

$h$  = tinggi sampel (mm)

$d$  = diameter benda uji (mm)

#### 12. *Cantabro*

Adapun untuk mengetahui nilai pengujian *Cantabro* dapat digunakan persamaan 3.16 berikut ini :

$$L = \frac{M_{i1} - M_{i2}}{M_{01}} \times 100 \quad (3.16)$$

Keterangan :

$L$  = Persentase kehilangan berat (%)

$M_{i1}$  = Berat benda uji sebelum diabrasi (gr)

$M_{i2}$  = Berat benda uji setelah di abrasi (gr)

#### 13. *Index of Retained Strength* ( *IRS* )

Adapun untuk mengetahui nilai pengujian *Index of Retained Strength* dapat digunakan persamaan 3.17 berikut :

$$\text{Index of Retained Strength} = \frac{S_2}{S_1} \times 100 \quad (3.17)$$

Keterangan :

$S_1$  = rata – rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 30 menit (kg).

$S_2$  = rata – rata nilai stabilitas *Marshall* setelah perendaman selama 24 jam (kg).

#### 14. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Adapun untuk mengetahui nilai dari Indeks Durabilitas Pertama dengan menggunakan persamaan 3.18 berikut ini :

$$\text{IDP (r)} = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{S_i - (S_{i+1})}{(t_{i+1}) - 1} \times 100 \quad (3.18)$$

Keterangan :

r = Indeks Penurunan Stabilitas (%)

$S_i$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$  (%)

$S_{i+1}$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$  (%)

$T_i, t_{i+1}$  = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Nilai r yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai r yang bernilai negatif mengindikasikan adanya perolehan kekuatan.

#### 15. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Nilai IDK didapatkan dengan perhitungan yang menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$\text{IDK (a)} = \frac{1}{2tn} \sum_{i=1}^{n-1} (S_i - (S_{i+1})) [2tn - (t_i + (t_i + 1))] \quad (3.19)$$

Keterangan :

a = Kehilangan Kekuatan Rerata Satu Hari (%)

tn = Total Waktu Perendaman (jam)

$S_i$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_i$  (%)

$S_{i+1}$  = Persentase kekuatan sisa pada waktu  $t_{i+1}$  (%)

$T_i, t_{i+1}$  = Periode perendaman (dimulai dari awal pengujian)

Indeks durabilitas ini menggambarkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai  $a$  yang bernilai positif mengindikasikan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai  $a$  yang bernilai negatif menggambarkan adanya penambahan kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai  $a < 100$ . Oleh karena itu, memungkinkan untuk dapat menyatakan persentase ekuivalen kekuatan sisa satu hari ( $S_a$ ). Dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$S_a = (100 - a) \quad (3.20)$$

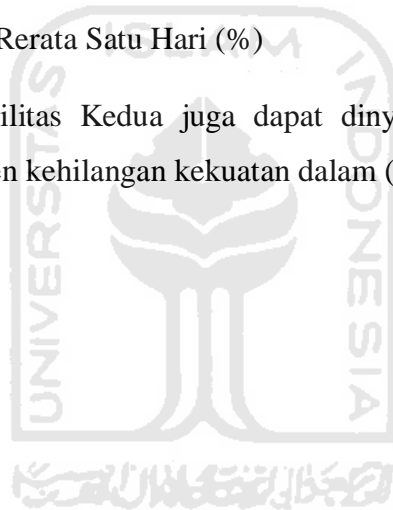
Keterangan :

$S_a$  = Kekuatan Sisa Rerata Satu Hari (%)

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan dalam (kg) sebagai berikut.

$$A = \frac{a}{100} \times S_o \quad (3.21)$$

$$SA = (S_o - A) \quad (3.22)$$



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Metode Penelitian**

##### 4.1.1 Pemeriksaan material

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian percobaan membuat sampel yang dilakukan di laboratorium untuk mendapatkan data. Data yang didapat kemudian diolah dengan spesifikasi yang sudah ditentukan oleh SNI dan Bina Marga.

##### 4.1.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Aspal Penetrasi 60/70.
2. Agregat kasar dan agregat halus standar dari Clereng, Kulonprogo.
3. Agregat halus pasir pantai Pasir Panjang.

##### 4.1.3 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Alat uji bahan ( agregat kasar, agregat halus, dan aspal )
  - a. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat halus terhadap air yaitu timbangan kapasitas 1 kg, piknometer berkapasitas 500 ml, kerucut terpancung dari logam, batang penumbuk yang mempunyai bidang penumbuk rata, saringan, oven, desikator, air suling, pompa hampa udara (*Vacum Pump*), talem dan bejana tempat air.
  - b. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar terhadap air yaitu keranjang kawat dengan kapasitas kira-kira 5 kg, saringan No. 4, oven, alat pemisah contoh, timbangan kapasitas 5 kg, dan tempat air dengan bentuk dan kapasitas yang sesuai untuk pemeriksaan agregat yang dilengkapi dengan pipa, agar permukaan airnya selalu tetap.
  - c. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan analisa saringan agregat halus dan kasar yaitu timbangan, satu set saringan, oven, alat pemisah contoh, mesin

pengguncang saringan, talam, kuas, sikat kuningan, sendok dan alat-alat lainnya.

- d. Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan *sand equivalent* yaitu silinder ukur yang terbuat dari plastik, tutup karet, tabung irrigator, kaki pemberat, larutan  $\text{CaCl}_2$ , *formaldehyde*, *glycerin*, pengguncang mekanis, corong dengan mulut luas, jam yang pembacaannya sampai detik, kaleng dengan diameter 57 ml dan isi 85 ml.
- e. Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan keausan agregat dengan mesin *Los Angeles* yaitu mesin *Los Angeles*, saringan, oven, dan bola-bola baja dengan diameter 4,8 cm dan berat masing-masing 390 sampai 445 gram.
- f. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan kelekatan aspal oleh aspal yaitu wadah untuk mengaduk yang berkapasitas 500 ml, timbangan dengan kapasitas 200 gr, pisau pengaduk yang terbuat dari baja, tabung gelas kimia, oven, saringan, termometer logam, dan air suling dengan ph 6,0 sampai 7,0.
- g. Peralatan yang dipakai dalam pemeriksaan penetrasi bahan-bahan bitumen yaitu alat penetrasi yang dapat menggerakkan jarum naik turun, pemegang jarum, pemberat, jarum penetrasi, cawan contoh, bak perendam, tempat air untuk benda uji, pengukur waktu, dan termometer.
- h. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan daktilitas bahan-bahan bitumen yaitu termometer, cetakan daktilitas kuningan, bak perendam, mesin uji, *metyl alcohol* teknik dan sodium klorida.
- i. Peralatan yang digunakan untuk pemeriksaan titik lembek aspal dan ter yaitu termometer, cincin kuningan, dudukan benda uji, alat pengarah bola, penjepit, bola yang terbuat dari baja, dan bejana gelas.
- j. Peralatan yang dipakai untuk pemeriksaan titik nyala dan titik bakar yaitu termometer, *cleaveland open cup*, pelat pemanas, sumber pemanas, penahan angin, dan nyala penguji.
- k. Peralatan yang digunakan dalam pemeriksaan kelarutan aspal dalam *Tetra Chlorida* yaitu cawan porselin, alas dari asbes, labu erlenmeyer, kertas saring, labu penyaring, tabung penyaring, tabung karet untuk menahan cawan porselin, oven, neraca analitik, pembakar, pompa hampa udara, desikator, batang pembersih, *Carbon Tetra Chlorida* dan *Amonium Karbonat*.

## 4.2 Tahapan Penelitian

Untuk pengambilan data dilakukan melalui uji laboratorium untuk pengujian *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas, kelelahan, *VITM*, *VFWA*, *VMA* dan *Marshall Quotient*, pengujian *IRS*, pengujian *ITS* dan pengujian *Cantabro*. Beberapa metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini akan dijelaskan di bawah ini.

### 4.2.1 Pengambilan Agregat Uji

Dalam penelitian ini dibutuhkan agregat halus yang diambil dari Pantai Pasir Panjang yang terletak di Kota Singkawang, Kalimantan Barat. Selain itu penelitian ini juga menggunakan agregat kasar dan halus dari Clereng, Kulonprogo yang sudah memenuhi standar.

### 4.2.2 Pengujian Sifat Fisik Agregat

Pengujian sifat fisik agregat dibagi menjadi beberapa macam. pengujian ini dilakukan sebelum membuat benda uji yang bertujuan untuk mengetahui apakah material yang dipakai memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2010. Berikut pengujian yang harus dilakukan untuk sifat fisik agregat dan aspal.

#### 1. Pengujian Agregat

##### a. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air oleh Agregat Kasar.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) dan penyerapan dari agregat kasar. Persyaratan berat jenis agregat kasar yang diizinkan menurut Bina Marga (PB 0205-76) adalah minimal 2,5 dan penyerapan air maksimal 3%.

##### b. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air oleh Agregat Halus.

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan berat jenis (*bulk*), berat jenis kering permukaan jenuh (*SSD*), berat jenis semu (*Apparent Specific Gravity*) dan penyerapan dari agregat halus. Persyaratan berat jenis agregat halus yang diizinkan menurut Bina Marga (PB 0205-76) adalah minimal 2,5 dan penyerapan air maksimal 3%.

Beberapa karakteristik dari agregat halus dijelaskan seperti di bawah ini.



- 1) Terdiri dari pengayakan batu pecah atau pasir yang lolos ayakan No. 8 (2,36 mm).
- 2) Harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.
- 3) Pasir boleh digunakan dalam campuran aspal.
- 4) Harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.

c. Uji kelekatan agregat terhadap aspal

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kelekatan agregat terhadap aspal. Kelekatan agregat terhadap aspal adalah persentase luas permukaan batuan yang tertutup aspal terhadap keseluruhan luas permukaan. Persyaratan yang diizinkan menurut Bina Marga (PB 0205-76) adalah minimal 95%.

d. Uji *Sand Equivalent*

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan kadar debu atau lumpur ataupun bahan yang mempunyai lempung pada tanah atau agregat halus. Persyaratan yang diizinkan menurut *AASTHO* (T-176) adalah lebih dari 50%.

e. Uji Keausan Agregat

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Keausan tersebut dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus lewat saringan No. 12 terhadap berat semula. Persyaratan yang diizinkan menurut Bina Marga adalah maksimal 40%.

2. Pengujian Aspal

a. Pengujian berat jenis aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara berat aspal dengan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu tertentu. Besarnya berat jenis aspal diperlukan dalam membuat perencanaan perkerasan, karena digunakan untuk menentukan kadar aspal dalam campuran.

b. Pengujian titik lembek

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan titik lembek aspal padat dan ter yang berkisar antara 30°C sampai dengan 200°C dengan cara *ring and ball* yaitu lapisan aspal yang ditekan dalam cincin yang didesak oleh bola-bola

baja dengan berat tertentu sampai lapisan aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang berada di bawah cincin pada ketinggian tertentu. Hasil pengujian ini dapat digunakan untuk menentukan kepekaan aspal terhadap suhu.

c. Pengujian daktilitas

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat kohesi aspal. Pengujian ini dilakukan dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi aspal keras sebelum putus pada suhu dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar akan mengikat butiran agregat lebih baik namun lebih peka terhadap perubahan temperatur.

d. Pengujian penetrasi aspal

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal, di mana aspal tersebut termasuk dalam kategori keras atau lembek (*solid* atau semi *solid*). Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan jarum tertentu, beban dan waktu tertentu ke dalam aspal pada suhu tertentu. Nilai titik lembek dan penetrasi dapat menunjukkan kepekaan aspal terhadap temperatur.

e. Pengujian kelarutan dalam *Karbon Tetra Chlorida* atau *Trichloroethylene*

Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan jumlah aspal yang larut dalam *Karbon Tetra Chlorida*.

f. Pengujian Titik Nyala dan Titik Bakar

Pengujian ini bertujuan untuk menentukan suhu saat aspal terlihat menyala singkat dipermukaannya (titik nyala) dan suhu saat terlihat menyala sekurang-kurangnya 5 detik (titik bakar).

#### 4.2.3 Perencanaan Campuran

Campuran yang terdiri dari gabungan antara agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi, dan aspal harus diuji terlebih dahulu sebelum digunakan untuk pembuatan campuran aspal. Hal ini dilakukan untuk mengetahui apakah bahan-bahan yang digunakan untuk pembuatan aspal beton memenuhi syarat Bina Marga atau *AASHTO*.

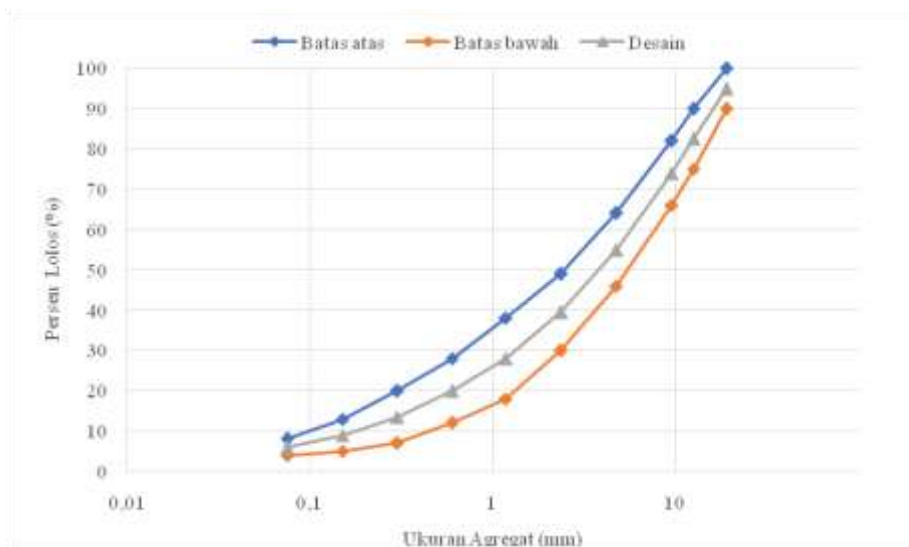
Setelah bahan yang diuji selesai, kemudian dilakukan penyaringan agregat yang telah memenuhi syarat. Setelah penyaringan agregat selesai, dilakukan penimbangan agregat untuk masing-masing ukuran agregat tertentu.

Untuk campuran aspal benda uji I digunakan variasi kadar aspal mulai dari 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% dari berat benda uji masing-masing dibuat 3 buah campuran. Campuran aspal benda uji I yaitu campuran antara agregat kasar Clereng dan agregat halus pasir pantai yang dibuat variasi kadar agregat halus pantai yang tertahan pada saringan No. 30, No. 50, dan No. 100 sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Dari masing-masing variasi tersebut dilakukan uji *Marshall* untuk menentukan kadar aspal optimumnya. Setelah didapatkan nilai KAO, dilakukan pembuatan campuran aspal benda uji II dengan campuran antara agregat kasar Clereng dan agregat halus pasir pantai pada kondisi KAO dan dibuat variasi kadar agregat halus pantai yang tertahan pada saringan No. 30, No. 50, dan No. 100 sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% untuk pengujian *Marshall*, *ITS*, *cantabro*, dan *IRS* masing-masing dibuat 3 buah benda uji. Berikut adalah gradasi rencana untuk campuran *AC-BC* dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1 Spesifikasi Gradasi Agregat *Asphalt Concrete Binder Course***

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)	
	(mm)		Min	Max	Lolos	Tertahan
1	25	1"	100	100	100,0	0,0
2	19	3/4"	90	100	95,0	5,0
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	17,5
4	9,5	3/8"	66	82	74,0	26,0
5	4,75	No.4	46	64	55,0	45,0
6	2,36	No.8	30	49	39,5	60,5
7	1,18	No.16	18	38	28,0	72,0
8	0,6	No.30	12	28	20,0	80,0
9	0,3	No.50	7	20	13,5	86,5
10	0,15	No.100	5	13	9,0	91,0
11	0,075	No.200	4	8	6,0	94,0
	<i>Filler</i>		0	0	0,0	100,0

Sumber : Bina Marga (2010)



**Gambar 4.1 Rencana Gradasi Agregat Campuran Asphalt Concrete Binder Course**

Perhitungan penentuan kadar aspal sebagai berikut.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18(\% \text{Filler}) + K \quad (4.1)$$

Keterangan :

$P_b$  = Kadar aspal optimum rencana

CA = Persentase agregat kasar

FA = Persentase agregat halus

K = Konstanta (1 – 2)

Berdasarkan perhitungan didapat nilai CA sebesar 45%, nilai FA 49% dan *filler* 6% serta konstanta dianggap 1, maka dengan persamaan 4.1 dapat dihitung kadar aspal optimum rencana sebagai berikut.

$$\begin{aligned} P_b &= 0,035 (45\%) + 0,045 (49\%) + 0,18 (6\%) + 1 \\ &= 5,86\% \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas perkiraan kadar aspal optimum yang didapatkan adalah 5,86% sehingga dalam pengujian untuk mencari kadar aspal optimum (KAO), kadar aspal yang digunakan adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7% terhadap berat total campuran sebesar 1200 gram. Sedangkan total kebutuhan agregat tiap campuran berdasarkan total campuran yang dikurangi berat total aspal yang dibutuhkan. Adapun kebutuhan agregat untuk tiap-tiap kadar aspal dapat dilihat pada Tabel 4.3, Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6, dan Tabel 4.7 di bawah ini.

**Tabel 4.2 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5%**

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100,0	0,0	0,0	0,0
2	19	3/4"	90	100	95,0	5,0	57,0	57,0
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	142,5	199,5
4	9,5	3/8"	66	82	74,0	8,5	96,9	296,4
5	4,75	No.4	46	64	55,0	19,0	216,6	513,0
6	2,36	No.8	30	49	39,5	15,5	176,7	689,7
7	1,18	No.16	18	38	28,0	11,5	131,1	820,8
8	0,6	No.30	12	28	20,0	8,0	91,2	912,0
9	0,3	No.50	7	20	13,5	6,5	74,1	986,1
10	0,15	No.100	5	13	9,0	4,5	51,3	1037,4
11	0,075	No.200	4	8	6,0	3,0	34,2	1071,6
	<i>Filler</i>		0	0	0,0	6,0	68,4	1140,0

**Tabel 4.3 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 5,5%**

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100,0	0,0	0,0	0,0
2	19	3/4"	90	100	95,0	5,0	56,7	56,7
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	141,75	198,45
4	9,5	3/8"	66	82	74,0	8,5	96,39	294,84
5	4,75	No.4	46	64	55,0	19,0	215,46	510,3
6	2,36	No.8	30	49	39,5	15,5	175,77	686,07
7	1,18	No.16	18	38	28,0	11,5	130,41	816,48
8	0,6	No.30	12	28	20,0	8,0	90,72	907,2
9	0,3	No.50	7	20	13,5	6,5	73,71	980,91
10	0,15	No.100	5	13	9,0	4,5	51,03	1031,94
11	0,075	No.200	4	8	6,0	3,0	34,02	1065,96
	<i>Filler</i>		0	0	0,0	6,0	68,04	1134,0

**Tabel 4.4 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6%**

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100,0	0,0	0,0	0,0
2	19	3/4"	90	100	95,0	5,0	56,4	56,4
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	141,0	197,4
4	9,5	3/8"	66	82	74,0	8,5	95,88	293,28
5	4,75	No.4	46	64	55,0	19,0	214,32	507,6
6	2,36	No.8	30	49	39,5	15,5	174,84	682,44
7	1,18	No.16	18	38	28,0	11,5	129,72	812,16
8	0,6	No.30	12	28	20,0	8,0	90,24	902,4
9	0,3	No.50	7	20	13,5	6,5	73,32	975,72
10	0,15	No.100	5	13	9,0	4,5	50,76	1026,48
11	0,075	No.200	4	8	6,0	3,0	33,84	1060,32
	<i>Filler</i>		0	0	0,0	6,0	67,68	1128,0

**Tabel 4.5 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 6,5%**

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100,0	0,0	0,0	0,0
2	19	3/4"	90	100	95,0	5,0	56,1	56,1
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	140,25	196,35
4	9,5	3/8"	66	82	74,0	8,5	95,37	291,72
5	4,75	No.4	46	64	55,0	19,0	213,18	504,9
6	2,36	No.8	30	49	39,5	15,5	173,91	678,81
7	1,18	No.16	18	38	28,0	11,5	129,03	807,84
8	0,6	No.30	12	28	20,0	8,0	89,76	897,6
9	0,3	No.50	7	20	13,5	6,5	72,93	970,53
10	0,15	No.100	5	13	9,0	4,5	50,49	1021,02
11	0,075	No.200	4	8	6,0	3,0	33,66	1054,68
	<i>Filler</i>		0	0	0	6,0	67,32	1122,0

**Tabel 4.6 Kebutuhan Agregat pada Kadar Aspal 7%**

No	Ukuran saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)	
	(mm)		Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
1	25	1"	100	100	100,0	0,0	0,0	0,0
2	19	3/4"	90	100	95,0	5,0	55,8	55,8
3	12,5	1/2"	75	90	82,5	12,5	139,5	195,3
4	9,5	3/8"	66	82	74,0	8,5	94,86	290,16
5	4,75	No.4	46	64	55,0	19,0	212,04	502,2
6	2,36	No.8	30	49	39,5	15,5	172,98	675,18
7	1,18	No.16	18	38	28,0	11,5	128,34	803,52
8	0,6	No.30	12	28	20,0	8,0	89,28	892,8
9	0,3	No.50	7	20	13,5	6,5	72,54	965,34
10	0,15	No.100	5	13	9,0	4,5	50,22	1015,56
11	0,075	No.200	4	8	6,0	3,0	33,48	1049,04
	<i>Filler</i>		0	0	0	6	66,96	1116,0

Berikut ini rincian yang digunakan untuk mencari kadar aspal optimum (KAO) dapat dilihat pada Tabel 4.8 berikut.

**Tabel 4.7 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal**

Substitusi Pasir Pantai (%)	Jumlah Benda Uji Pada Tiap Kadar Aspal (buah)				
	5%	5,50%	6%	6,50%	7%
0	3	3	3	3	3
25	3	3	3	3	3
50	3	3	3	3	3
75	3	3	3	3	3
100	3	3	3	3	3
Jumlah	75				

Dengan persentase kadar aspal yang sudah ditentukan, maka dibuat benda uji sebanyak 3 buah untuk masing-masing persentase kebutuhan kadar aspal sehingga membutuhkan sebanyak 75 buah benda uji untuk mencari kadar aspal optimum (KAO). Berikut adalah jumlah sampel benda uji setelah didapatnya nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 4.9 berikut.

**Tabel 4.8 Kebutuhan Benda Uji Tiap Kadar Aspal**

Jenis Pengujian	Jumlah Benda Uji Berdasarkan Penambahan Pasir Pantai (buah)				
	0%	25%	50%	75%	100%
<i>Marshall</i>	3	3	3	3	3
<i>ITS</i>	3	3	3	3	3
<i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS 24 jam</i>	3	3	3	3	3
<i>IRS 48 jam</i>	2	2	2	2	2
Total	75				

Pada Tabel 4.10 didapatkan total benda uji secara keseluruhan setelah nilai KAO sebanyak 70 buah. Sehingga jumlah sampel dalam penelitian ini berjumlah 145 buah.

Dari variasi kadar aspal didapatkan berat agregat halus yang akan digunakan. Penelitian ini menggunakan 2 jenis agregat halus yang berbeda, maka berat agregat halus dihitung berdasarkan berat volume dari masing-masing agregat halus. Agar dapat menentukan berat volume maka perlu diketahui berat jenis dari masing-masing agregat halus. Berat jenis dari masing-masing agregat halus didapatkan berat jenis agregat halus Clereng sebesar  $2,63 \text{ gr/cm}^3$  dan berat jenis agregat halus pasir pantai sebesar  $2,549 \text{ gr/cm}^3$ . Hal ini guna menyetarakan nilai volume pada kedua agregat halus. Berikut ini berat dari masing-masing agregat halus berdasarkan berat dapat dilihat pada Tabel 4.10

**Tabel 4.9 Kebutuhan Agregat Halus Clereng dan Pasir Pantai**

Kadar Aspal (%)	Ukuran Saringan	Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Pasir Panjang (%)									
		0		25		50		75		100	
		PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)
5	No. 30	0	91,2	21,5	68,4	43,0	45,6	64,51	22,8	86,01	0
	No. 50	0	74,1	17,47	55,58	34,94	37,05	52,41	18,53	69,88	0
	No. 100	0	51,3	12,1	38,48	24,19	25,65	36,29	12,83	48,38	0
5,5	No. 30	0	90,72	21,4	68,04	42,8	45,36	64,19	22,68	85,59	0
	No. 50	0	73,71	17,39	55,28	34,77	36,86	52,16	18,43	69,54	0
	No. 100	0	51,03	12,04	38,27	24,07	25,52	36,11	12,76	48,14	0
6	No. 30	0	90,24	21,28	67,68	42,55	45,12	63,83	22,56	85,1	0
	No. 50	0	73,32	17,29	54,99	34,57	36,66	51,86	18,33	69,15	0
	No. 100	0	50,76	11,97	38,07	23,94	25,38	35,9	12,69	47,87	0



Lanjutan Tabel 4.10 Kebutuhan Agregat Halus Clereng dan Pasir Pantai

Kadar Aspal (%)	Ukuran Saringan	Variasi Substitusi Agregat Halus Pantai Pasir Panjang (%)									
		0		25		50		75		100	
		PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)	PP (gr)	PC (gr)
6,5	No. 30	0	89,76	21,16	67,32	42,33	44,88	63,49	22,44	84,65	0
	No. 50	0	72,93	17,19	54,7	34,39	36,47	51,58	18,23	68,78	0
	No. 100	0	50,49	11,9	37,87	23,81	25,25	35,71	12,62	47,62	0
7	No. 30	0	89,28	21,05	66,96	42,1	44,64	63,15	22,32	84,2	0
	No. 50	0	72,54	17,1	54,41	34,21	36,27	51,31	18,14	68,41	0
	No. 100	0	50,22	11,84	37,67	23,68	25,11	35,52	12,56	47,36	0

Keterangan :

PP = Pasir Pantai

PC = Pasir Clereng

### 4.3 Pengujian Marshall

Uji *Marshall* dimaksudkan untuk menentukan ketahanan terhadap kelelahan plastis dari campuran aspal. Adapun cara pengujian sebagai berikut.

1. Kotoran yang menempel pada benda uji dibersihkan.
2. Masing-masing benda uji diberi tanda pengenal.
3. Benda uji diukur tingginya dengan ketelitian 0,1 mm.
4. Benda uji ditimbang untuk mengetahui berat kering.
5. Benda uji direndam dalam air pada suhu ruang kira-kira 24 jam.
6. Benda uji ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat isi.
7. Benda uji ditimbang dalam kondisi permukaan kering (SSD).
8. Benda uji direndam dalam bak perendam selama 30 menit pada suhu tetap yaitu 60°C.
9. Sebelum dilakukan pengujian, batang penuntun dan permukaan dalam dari kepala penekan dibersihkan. Batang penuntun diberi pelumas agar kepala penekan yang di atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama benda uji pada suhu antara 21-38°C.
10. Arloji kelelahan dipasang pada penunjuk pada angka nol, kemudian pegang selubung tangkai arloji terhadap segmen atas kepala penekan. Selanjutnya

selubung tangkai arloji kelelehan tersebut ditekan pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.

11. Sebelum pembebanan diberikan, naikkan kepala penekan dan benda uji sehingga menyentuh alas cincin arloji, kemudian kedudukan jarum arloji tekan diatur hingga angka nol.
12. Pembebanan benda uji diberikan dengan kecepatan tetap yaitu 50 mm per menit hingga pembebanan maksimum dicapai atau pembebanan menurun yang ditunjukkan pada jarum arloji tekan dan pembebanan maksimum yang dicapai (Stabilitas) dicatat dan saat yang bersamaan angka pada arloji kelelehan dicatat.
13. Selubung tangkai arloji kelelehan dilepas setelah nilai kelelehan dicatat.

#### **4.4 Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)***

Pengujian *Indirect Tensile Strength* dimaksudkan untuk mengetahui kuat tarik dari campuran perkerasan. Adapun metode pengujiannya dapat dilihat sebagai berikut

1. Benda uji pada 4 sisi diukur tebalnya dan ambil tebal merata, kemudian hitung koreksi tebal dan diameter benda uji.
2. Benda uji diletakan kedalam alat uji.
3. Lakukan pembebanan hingga mencapai beban maksimum yang ditandai arloji. pembebanan berhenti dan berbalik arah dan lakukan pencatatan.
4. Nilai kuat tarik terkoreksi dihitung dan lakukan analisis serta pembahasan.

#### **4.5 Pengujian *Cantabro***

Pengujian *cantabro* dimaksudkan untuk mengetahui disintegrasi akibat benturan benda uji. Berikut adalah cara pengujian *cantabro*.

1. Benda uji dimasukan kedalam mesin *Los Angeles* tanpa bola baja.
2. Benda uji dikeluarkan dan ditimbang kemudian analisis serta pembahasan.

#### **4.6 Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)***

Pengujian *Index of Retained Strength (IRS)* tahapnya hampir sama dengan pengujian *Marshall*. Perbedaannya yaitu pada perendaman yang dilakukan dalam *water bath* selama 24 jam dan 48 jam.

#### 4.7 Analisis Data

Berikut ini adalah analisis data yang akan dilakukan setelah melakukan pengujian.

##### 1. Analisis Karakteristik *Marshall*

Nilai karakteristik *Marshall* didapat dengan cara menganalisis data-data yang diperoleh dari hasil percobaan laboratorium, nilai-nilai karakteristik *Marshall* dapat dihitung menggunakan rumus-rumus berikut ini.

- a. Berat jenis Aspal menggunakan Persamaan 3.1
- b. Berat jenis Agregat menggunakan Persamaan 3.2
- c. Berat Jenis *Filler* menggunakan Persamaan 3.3
- d. Stabilitas menggunakan Persamaan 3.4
- e. Kelelahan (*flow*), dibaca dari pembacaan arloji kelelahan menggunakan persamaan
- f. *Density* menggunakan Persamaan 3.5 dan Persamaan 3.6
- g. *VFWA* (*Volume of Void Filled With Asphalt*) menggunakan Persamaan 3.10
- h. *VITM* (*Void in Total Mix*) menggunakan Persamaan 3.10 dan 3.12
- i. *VMA* (*Void in Mineral Agregate*) menggunakan Persamaan 3.13
- j. *MQ* (*Marshall Quotient*) menggunakan Persamaan 3.14

##### 2. Analisis Uji *Indirect Tensile Strength*

*Indirect Tensile Strength* adalah dapat dihitung menggunakan Persamaan 3.15

##### 3. Analisis Uji *Cantabro*

Nilai uji *cantabro* dihitung menggunakan Persamaan 3.16

##### 4. Analisis Uji *Index or Retained Strength (IRS)*

Nilai uji *IRS* dihitung menggunakan Persamaan 3.17

##### 5. Analisis Uji Indeks Durabilitas Pertama dan Indeks Durabilitas Kedua

Nilai uji IDP dan IDK dihitung menggunakan Persamaan 3.18 dan 3.19

##### 6. Analisis Statistik

Data hasil pengujian karakteristik *Marshall Test*, *Indirect Tensile Strength*, *Cantabro Test* dan *Index of Retained Strength* dengan parameter agregat halus pasir pantai Pasir Panjang terhadap karakteristik campuran *AC-BC* dilakukan analisis menggunakan analisis statistik *Anova* satu arah dengan program *IBM*

*SPSS Statistic 24*. Metode ini digunakan karena terdapat satu variabel bebas pasir pantai Pasir Panjang yang terbagi menjadi beberapa kelompok variasi agregat halus pengganti pasir pantai.

Secara umum analisis statistik menggunakan *Anova* satu arah adalah sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 = \dots \neq \mu_k$$

Keterangan :

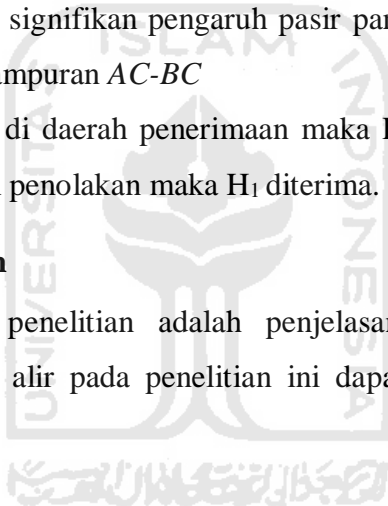
$H_0$  = Tidak ada perbedaan signifikan pengaruh pasir pantai Pasir Panjang terhadap karakteristik campuran *AC-BC*

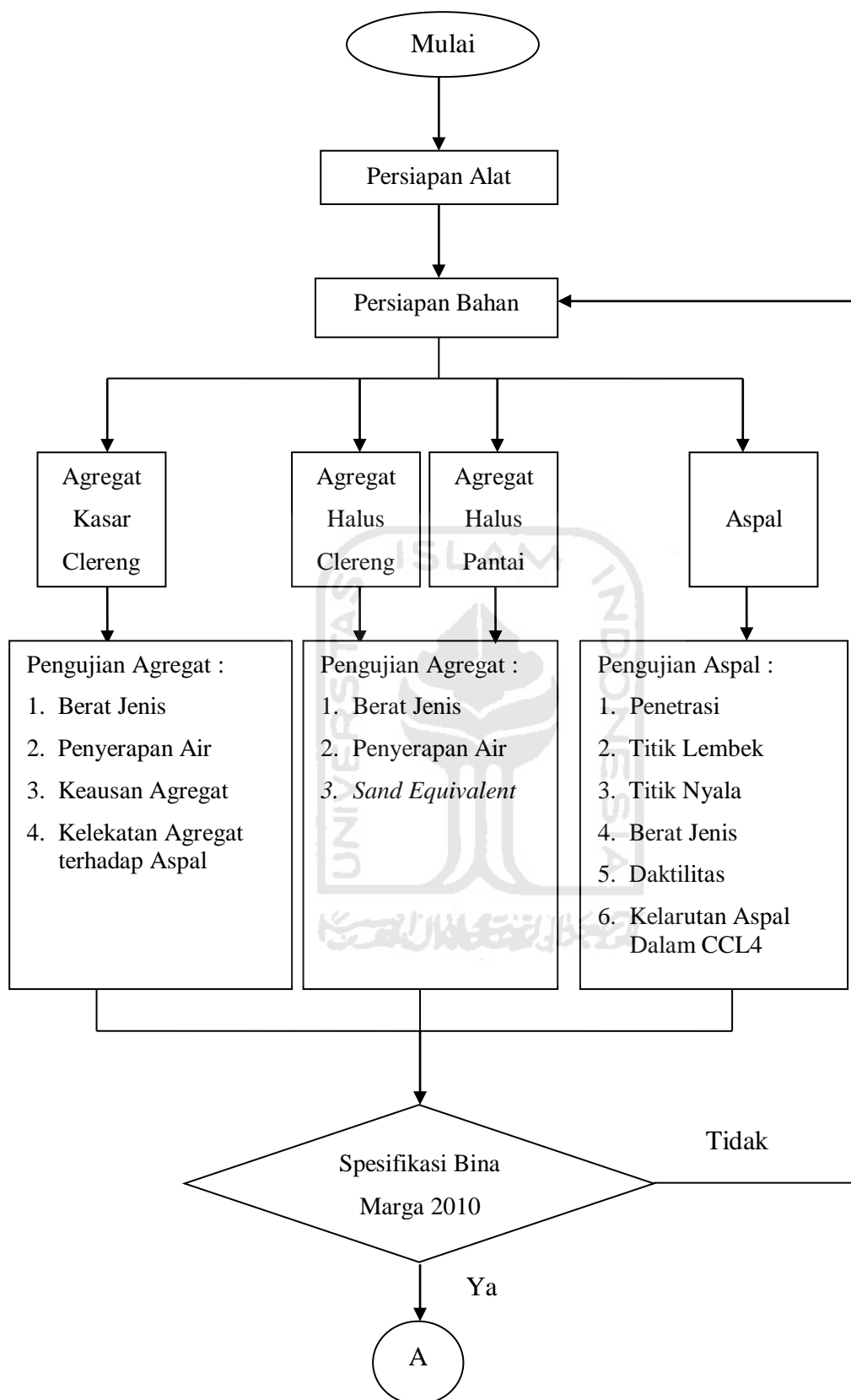
$H_1$  = Ada perbedaan signifikan pengaruh pasir pantai Pasir Panjang terhadap karakteristik campuran *AC-BC*

Jika nilai rasio uji berada di daerah penerimaan maka  $H_0$  diterima, sedangkan jika nilai rasio berada di daerah penolakan maka  $H_1$  diterima.

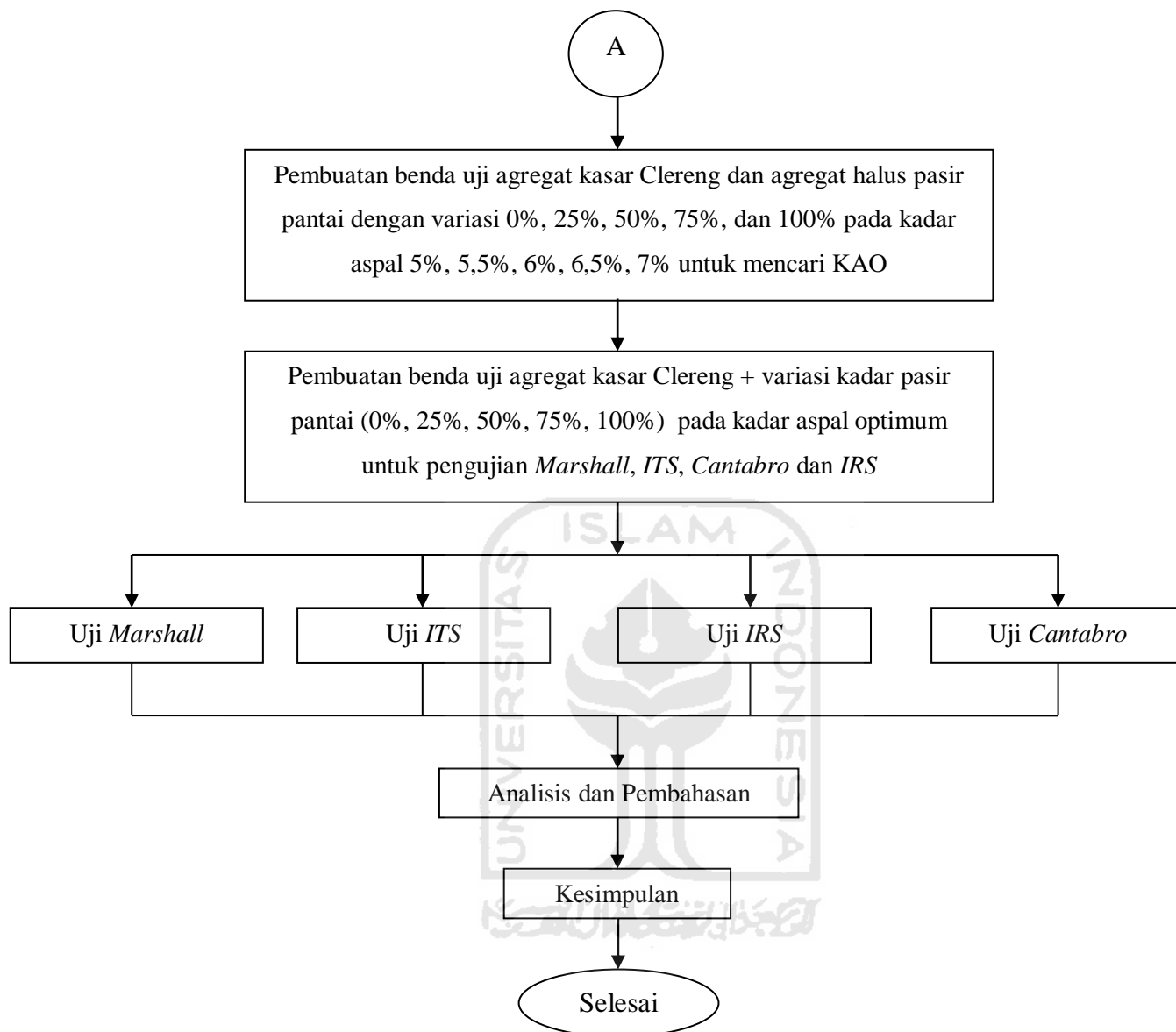
#### **4.8 Bagan Alir Penelitian**

Bagan alir proses penelitian adalah penjelasan singkat tahapan-tahapan penelitian. Adapun bagan alir pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 berikut ini.





**Gambar 4.2 Diagram Alir Penelitian**



**Lanjutan Gambar 4. 2 Diagram Alir Penelitian**

## BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

### 5.1 Hasil Pengujian Spesifikasi Bahan dan Campuran

#### 5.1.1 Hasil Pengujian Karakteristik Bahan Pengikat

Bahan Pengikat yang digunakan untuk penelitian ini adalah aspal jenis Pertamina Pen 60/70. Pengujian aspal dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, Yogyakarta. Data hasil pengujian telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.1 berikut.

**Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,023	Memenuhi
2	Penetrasi (mm)	Min. 40	63,1	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	$\geq 100$	164,0	Memenuhi
4	Titik Nyala ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 232$	285,0	Memenuhi
5	Kelarutan TCE (%)	$\geq 99$	99,12	Memenuhi
6	Titik Lembek ( $^{\circ}\text{C}$ )	$\geq 48$	49,00	Memenuhi

#### 5.1.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat dan *Filler*

Pengujian karakteristik agregat terdiri dari pengujian agregat kasar, agregat halus, dan *filler*. Kemudian dilanjutkan pengujian agregat halus dari pasir Pantai Pasir Panjang. Data yang diperoleh pada pengujian karakteristik agregat dan *filler* telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 seperti yang tercantum dalam Tabel 5.2 sampai Tabel 5.4 di bawah ini.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar Clereng**

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis a. Berat Jenis <i>Bulk</i> b. Berat Jenis <i>SSD</i> c. Berat Jenis <i>Apparent</i>	gr/cm <sup>3</sup>	≥ 2,5	a. 2,583 b. 2,633 c. 2,717	Memenuhi
2	Penyerapan agregat terhadap air (%)	%	< 3	1,912	Memenuhi
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	%	> 95	96,5	Memenuhi
4	Kausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	%	< 40	13,07	Memenuhi

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus Clereng**

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis a. Berat Jenis <i>Bulk</i> b. Berat Jenis <i>SSD</i> c. Berat Jenis <i>Apparent</i>	gr/cm <sup>3</sup>	≥ 2,5	a. 2,549 b. 2,609 c. 2,711	Memenuhi
2	Penyerapan agregat terhadap air (%)	%	< 3	2,35	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	%	> 50	91,987	Memenuhi

**Tabel 5.4 Hasil Pengujian Agregat Halus Pasir Pantai**

No.	Jenis Pengujian		Nilai Persyaratan	Hasil	Keterangan
1	Berat Jenis a. Berat Jenis <i>Bulk</i> b. Berat Jenis <i>SSD</i> c. Berat Jenis <i>Apparent</i>	gr/cm <sup>3</sup>	≥ 2,5	a. 2,501 b. 2,538 c. 2,597	Memenuhi
2	Penyerapan agregat terhadap air (%)	%	< 3	1,481	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	%	> 50	86,104	Memenuhi

**Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Filler* Clereng**

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1	Berat Jenis	2,553



### 5.1.3 Hasil Pengujian *Marshall* pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course* (*AC-BC*) untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Pengujian yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya FTSP UII, didapatkan nilai-nilai karakteristik *Marshall* yaitu stabilitas (*stability*), kelelahan (*flow*), *VMA* (*Void in Mineral Agregate*), *VFWA* (*Void Filled With Asphalt*), *VITM* (*Void in Total Mix*), *MQ* (*Marshall Quotient*), dan kepadatan (*density*) dari campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan menggunakan bahan ikat aspal Pertamina pen 60/70. Hasil pengujian *Marshall* dengan agregat halus pasir pantai Pasir Panjang dengan variasi substitusi 0%, 25%, 50%, 75% dan 100% dapat dilihat pada Tabel 5.6 sampai dengan Tabel 5.11 berikut ini.

**Tabel 5.6 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 0%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5	1102,33	2,43	459,08	8,69	55,65	19,59	2,23
5,5	1162,19	2,87	413,23	7,50	61,65	19,56	2,24
6	1381,01	2,97	471,21	4,63	74,43	18,09	2,30
6,5	1348,08	3,30	409,51	3,84	79,17	18,44	2,30
7	1262,26	3,40	371,63	2,59	85,93	18,41	2,31
<b>Spesifikasi</b>	<b>800</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;65</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.7 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 25%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5	1162,49	2,73	427,45	9,15	54,18	19,95	2,21
5,5	1182,26	2,87	412,55	7,23	62,52	19,28	2,24
6	1290,19	3,13	412,62	4,64	74,33	18,06	2,29
6,5	1253,13	3,33	377,65	3,18	82,17	17,83	2,31
7	1234,19	3,70	333,47	2,00	88,80	17,86	2,32
<b>Spesifikasi</b>	<b>800</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;65</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.8 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 50%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5	1049,43	2,83	370,20	8,17	57,13	19,06	2,23
5,5	1097,44	3,00	366,17	6,91	63,58	18,96	2,24
6	1205,17	3,10	390,21	4,34	75,59	17,75	2,29
6,5	1231,15	3,23	380,93	3,21	81,97	17,81	2,30
7	1120,16	3,70	303,93	2,18	87,88	17,96	2,31
<b>Spesifikasi</b>	<b>800</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;65</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.9 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 75%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5	1016,83	2,97	343,07	8,85	54,91	19,62	2,20
5,5	1024,88	2,97	345,56	6,93	63,41	18,95	2,23
6	1142,18	3,03	376,89	3,81	77,93	17,26	2,29
6,5	1141,54	3,33	343,29	2,92	83,33	17,52	2,30
7	1038,37	3,73	278,09	2,01	88,71	17,77	2,30
<b>Spesifikasi</b>	<b>800</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;65</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

**Tabel 5.10 Hasil Pengujian Karakteristik *Marshall* dengan Kadar Agregat Halus Pasir Pantai 100%**

Kadar Aspal (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (%)
5	974,88	2,67	367,07	7,73	58,45	18,60	2,22
5,5	998,69	3,00	333,40	5,70	68,06	17,83	2,26
6	1078,17	3,10	348,60	3,63	78,73	17,06	2,29
6,5	1119,66	3,37	332,98	2,38	86,00	17,02	2,30
7	1005,70	3,63	276,95	1,43	91,71	17,23	2,31
<b>Spesifikasi</b>	<b>800</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;65</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

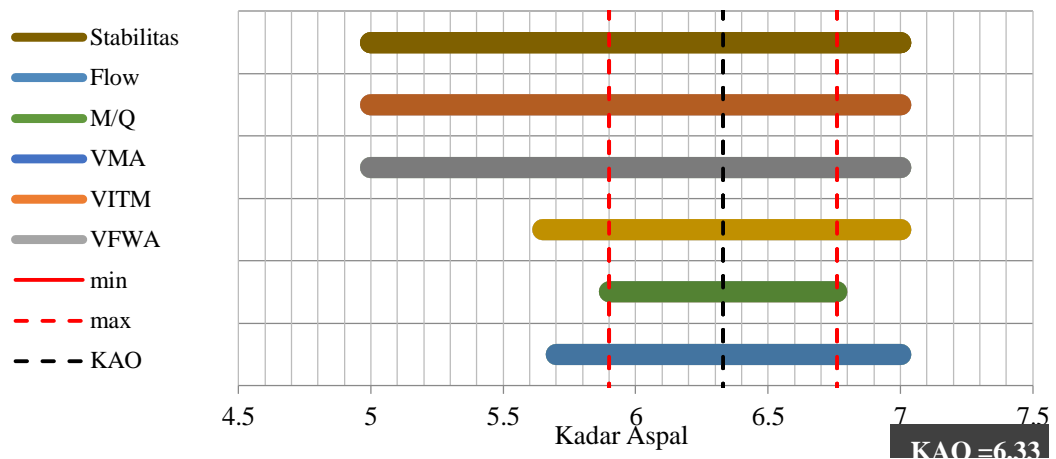
Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Pen 60/70				
		Variasi Substitusi Agregat Halus (%)				
		0	25	50	75	100
Stabilitas (kg)	5	1102,33	1162,49	1049,43	1016,83	974,88
	5,5	1162,19	1182,26	1097,44	1024,88	998,69
	6	1381,01	1290,19	1205,17	1142,18	1078,17
	6,5	1348,08	1253,13	1231,15	1141,54	1119,66
	7	1262,26	1234,19	1120,16	1038,37	1005,70
Flow (mm)	5	2,43	2,73	2,83	2,97	2,67
	5,5	2,87	2,87	3,00	2,97	3,00
	6	2,97	3,13	3,10	3,03	3,10
	6,5	3,30	3,33	3,23	3,33	3,37
	7	3,40	3,70	3,70	3,73	3,63
MQ (kg/mm)	5	459,08	427,45	370,20	343,07	367,07
	5,5	413,23	412,55	366,17	345,56	333,40
	6	471,21	412,62	390,21	376,89	348,60
	6,5	409,51	377,65	380,93	343,29	332,98
	7	371,63	333,47	303,93	278,09	276,95
VITM (%)	5	8,69	9,15	8,17	8,85	7,73
	5,5	7,50	7,23	6,91	6,93	5,70
	6	4,63	4,64	4,34	3,81	3,63
	6,5	3,84	3,18	3,21	2,92	2,38
	7	2,59	2,00	2,18	2,01	1,43

**Lanjutan Tabel 5.11 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum**

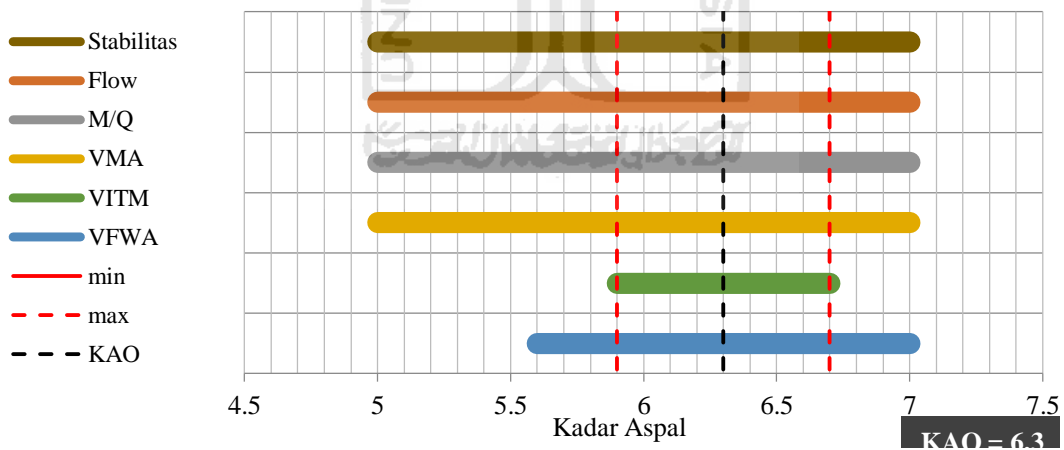
Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Pen 60/70				
		Variasi Substitusi Agregat Halus (%)				
		0	25	50	75	100
VFWA (%)	5	55,65	54,18	57,13	54,91	58,45
	5,5	61,65	62,52	63,58	63,41	68,06
	6	74,43	74,33	75,59	77,93	78,73
	6,5	79,17	82,17	81,97	83,33	86,00
	7	85,93	88,80	87,88	88,71	91,71
VMA (%)	5	19,59	19,95	19,06	19,62	18,60
	5,5	19,56	19,28	18,96	18,95	17,83
	6	18,09	18,06	17,75	17,26	17,06
	6,5	18,44	17,83	17,81	17,52	17,02
	7	18,41	17,86	17,96	17,77	17,23
Density (gr/cc)	5	2,23	2,21	2,23	2,20	2,22
	5,5	2,24	2,24	2,24	2,23	2,26
	6	2,30	2,29	2,29	2,29	2,29
	6,5	2,30	2,31	2,30	2,30	2,30
	7	2,31	2,32	2,31	2,30	2,31

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, UII didapatkan nilai KAO yang kemudian direntangkan sesuai spesifikasi Bina Marga 2010. Dengan dilakukan perhitungan secara grafis, nilai KAO dapat dilihat pada Gambar 5.1 sampai 5.6 berikut.



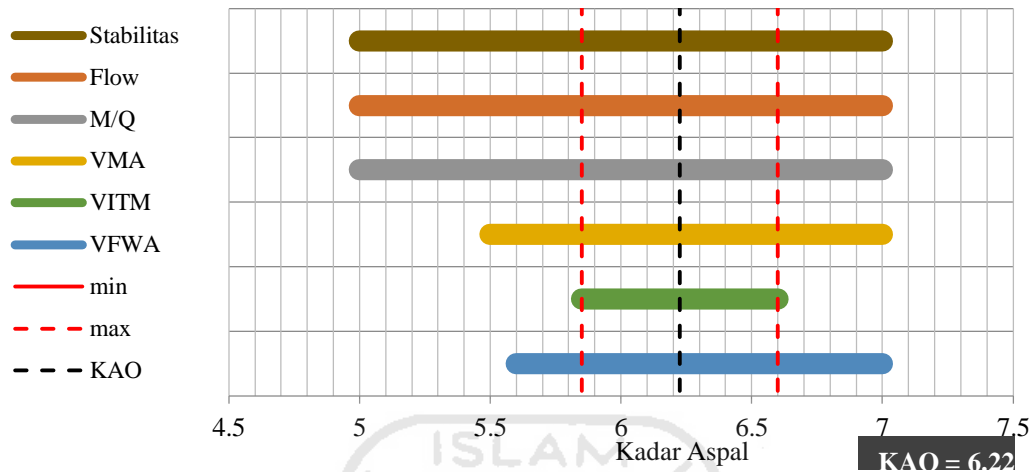
**Gambar 5.1 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 0%**

Gambar 5.1 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan variasi substitusi pasir pantai 0% didapat nilai KAO sebesar 6,33 %.



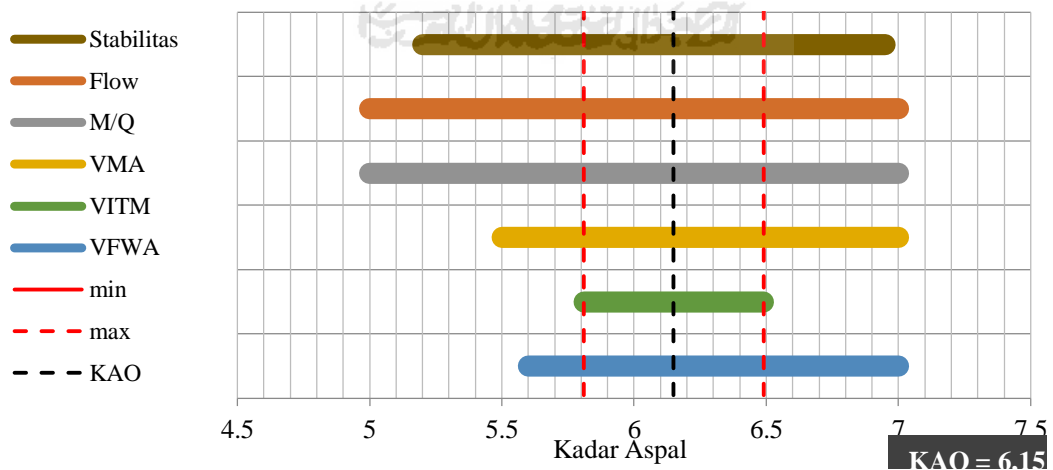
**Gambar 5.2 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 25%**

Gambar 5.2 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan variasi substitusi pasir pantai 25% didapat nilai KAO sebesar 6,3 %.



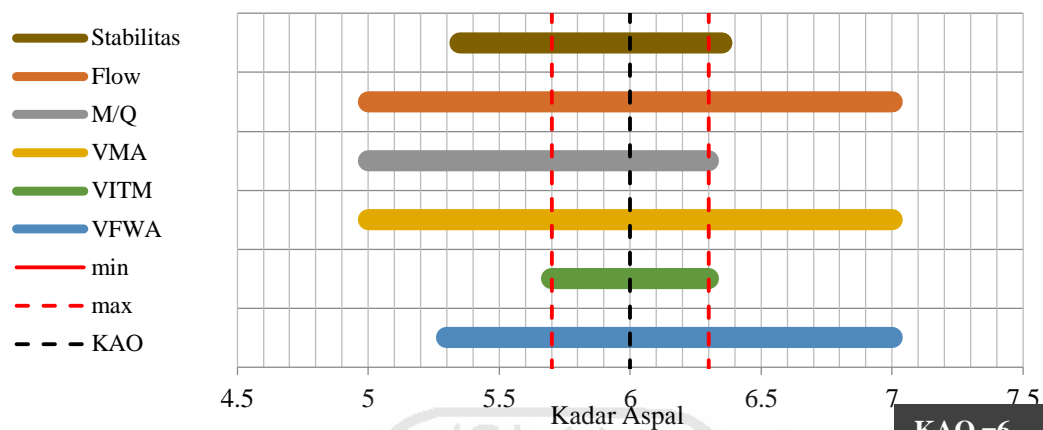
**Gambar 5.3 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 50%**

Gambar 5.3 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan variasi substitusi pasir pantai 50% didapat nilai KAO sebesar 6,225 %.



**Gambar 0.4 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 75%**

Gambar 5.4 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan variasi substitusi pasir pantai 75% didapat nilai KAO sebesar 6,15 %.



**Gambar 5.5 Penentuan Kadar Aspal Optimum Pen 60/70 dengan Substitusi Pasir Pantai 100%**

Gambar 5.5 di atas menunjukkan bahwa dengan proporsi campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan bahan ikat aspal Pertamina Pen 60/70 dengan kadar pasir pantai 100% didapat nilai KAO sebesar 6 %.

Rekapitulasi hasil KAO yang telah dilakukan pada campuran *AC-BC* dapat dilihat pada Tabel 5.12 berikut.

**Tabel 5.12 Rekapitulasi Hasil Pengujian Mencari Kadar Aspal Optimum**

Variasi Substitusi Pasir Pantai (%)	Kadar Aspal Minimum (%)	Kadar Aspal Maksimum (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	5,90	6,76	6,33
25	5,90	6,70	6,30
50	5,85	6,60	6,23
75	5,81	6,49	6,15
100	5,70	6,30	6,00

Berdasarkan Tabel 5.12 di atas, dapat dilihat bahwa semakin banyak pasir pantai yang digunakan dalam campuran *Asphalt Concrete Binder Course* maka semakin kecil kadar aspalnya. Hal ini disebabkan karena penyerapan air pasir

pantai lebih kecil daripada berat jenis agregat halus Clereng dan tekstur permukaan pasir pantai yang lebih halus dari agregat halus Clereng.

#### 5.1.4 Kebutuhan Material Agregat pada Kadar Aspal Optimum

Adapun kebutuhan agregat pada Kadar Aspal Optimum dapat dilihat pada Tabel 5.13 sampai Tabel 5.17

**Tabel 5.13 Jumlah Agregat pada Substitusi 0% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,33 %**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
Inch	Mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	25	100	90	95,0	5,0	56,20	56,20
½"	19	90	75	82,5	17,5	140,51	196,71
3/8"	12,5	82	66	74,0	26,0	95,54	292,05
No.4	9,5	64	46	55,0	45,0	213,57	505,62
No.8	4,75	49	30	39,5	60,5	174,23	679,85
No.16	2,36	38	18	28,0	72,0	129,26	809,11
No.30	1,18	28	12	20,0	80,0	89,92	899,03
No.50	0,6	20	7	13,5	86,5	73,06	972,09
No.100	0,3	13	5	9,0	91,0	50,58	1022,67
No.200	0,15	8	4	6,0	94,0	33,72	1056,39
Pan					100,0	67,44	1123,83

**Tabel 5.14 Jumlah Agregat pada Substitusi 25% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,3 %**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
Inch	Mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	25	100	90	95,0	5,0	56,22	56,22
½"	19	90	75	82,5	17,5	140,55	196,77
3/8"	12,5	82	66	74,0	26,0	95,57	292,34
No.4	9,5	64	46	55,0	45,0	213,64	505,98
No.8	4,75	49	30	39,5	60,5	174,28	680,26
No.16	2,36	38	18	28,0	72,0	129,31	809,57
No.30	1,18	28	12	20,0	80,0	89,14	898,71
No.50	0,6	20	7	13,5	86,5	72,43	971,13
No.100	0,3	13	5	9,0	91,0	50,14	1021,27
No.200	0,15	8	4	6,0	94,0	33,73	1055,01
Pan					100,0	67,46	1122,47



**Tabel 5.15 Jumlah Agregat pada Substitusi 50% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,225 %**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
Inch	Mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	25	100	90	95,0	5,0	56,27	56,27
½"	19	90	75	82,5	17,5	140,66	196,93
3/8"	12,5	82	66	74,0	26,0	95,65	292,58
No.4	9,5	64	46	55,0	45,0	213,81	506,39
No.8	4,75	49	30	39,5	60,5	174,42	680,81
No.16	2,36	38	18	28,0	72,0	129,41	810,22
No.30	1,18	28	12	20,0	80,0	88,40	898,61
No.50	0,6	20	7	13,5	86,5	71,82	970,44
No.100	0,3	13	5	9,0	91,0	49,72	1020,16
No.200	0,15	8	4	6,0	94,0	33,76	1053,92
Pan					100,0	67,52	1121,44

**Tabel 5.16 Jumlah Agregat pada Substitusi 75% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6,15 %**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
Inch	Mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	25	100	90	95,0	5,0	56,31	56,31
½"	19	90	75	82,5	17,5	140,78	197,09
3/8"	12,5	82	66	74,0	26,0	95,73	292,81
No.4	9,5	64	46	55,0	45,0	213,98	506,79
No.8	4,75	49	30	39,5	60,5	174,56	681,35
No.16	2,36	38	18	28,0	72,0	129,51	810,86
No.30	1,18	28	12	20,0	80,0	87,66	898,52
No.50	0,6	20	7	13,5	86,5	71,22	969,74
No.100	0,3	13	5	9,0	91,0	49,31	1.019,05
No.200	0,15	8	4	6,0	94,0	33,79	1.052,83
Pan					100,0	67,57	1120,40

**Tabel 5.17 Jumlah Agregat pada Substitusi 100% Pasir Pantai dengan Kadar Aspal Optimum 6 %**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
Inch	Mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
¾"	25	100	90	95,0	5,0	56,40	56,40
½"	19	90	75	82,5	17,5	141,00	197,40
3/8"	12,5	82	66	74,0	26,0	95,88	293,28
No.4	9,5	64	46	55,0	45,0	214,32	507,60
No.8	4,75	49	30	39,5	60,5	174,84	682,44

**Lanjutan Tabel 5.17 Jumlah Agregat pada Substitusi 100% Pasir Pantai  
dengan Kadar Aspal Optimum 6 %**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah (%)		Berat Tertahan (gr)	
Inch	Mm	Min	Max	Lolos	Tertahan	Tertahan	Kumulatif
No.16	2,36	38	18	28,0	72,0	129,72	812,16
No.30	1,18	28	12	20,0	80,0	86,98	899,14
No.50	0,6	20	7	13,5	86,5	70,67	969,81
No.100	0,3	13	5	9,0	91,0	48,93	1.018,74
No.200	0,15	8	4	6,0	94,0	33,84	1.052,58
Pan					100,0	67,68	1120,26

5.1.5 Pengujian Campuran AC-BC pada Kadar Aspal Optimum dengan menggunakan Agregat Halus Pasir Pantai sebagai Substitusi Pengganti.

Hasil pengujian campuran AC-BC dengan menggunakan substitusi agregat halus pengganti yaitu pasir Pantai Pasir Panjang pada kadar aspal optimum meliputi pengujian *Marshall Standard*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*. Adapun hasil masing-masing pengujian dapat dilihat pada Tabel 5.18 sampai Tabel 5.21 atau secara lebih detail bisa dilihat pada Lampiran.

1. Penggunaan Pasir Pantai pada Pengujian *Marshall Standard*

Hasil pengujian *Marshall* campuran AC-BC pada kadar aspal optimum tiap variasi substitusi pasir pantai dapat dilihat pada Tabel 5.18 berikut ini.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Substitusi Agregat Halus Pengganti**

Substitusi Pasir Pantai (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Density (gr/cc)
0	1328,58	3,10	441,35	4,31	76,69	18,50	2,292
25	1235,09	3,10	412,77	4,00	77,95	18,12	2,293
50	1204,79	3,17	391,99	3,81	78,54	17,76	2,293
75	1140,47	3,20	359,13	3,56	79,47	17,35	2,294
100	1086,70	3,23	350,23	3,47	79,51	16,92	2,294
Spesifikasi	<b>800</b>	<b>&gt;2-4</b>	<b>&gt;250</b>	<b>3-5</b>	<b>&gt;65</b>	<b>&gt;15</b>	<b>&gt;2</b>

2. Penggunaan Pasir Pantai pada Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength* campuran *AC-BC* pada kadar aspal optimum tiap variasi substitusi agregat halus pengganti dapat dilihat pada Tabel 5.19 berikut ini.

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength* pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Substitusi Agregat Halus Pengganti**

Substitusi Pasir Pantai (%)	<i>Indirect Tensile Strength</i> (kg/cm <sup>2</sup> )
0	26,601
25	25,213
50	23,652
75	20,822
100	19,379

3. Penggunaan Pasir Pantai pada Pengujian *Cantabro*

Hasil pengujian *Cantabro* campuran *AC-BC* pada kadar aspal optimum tiap variasi substitusi agregat halus pengganti dapat dilihat pada Tabel 5.20 berikut ini.

**Tabel 5.20 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Cantabro* pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Substitusi Agregat Halus Pengganti**

Substitusi Pasir Pantai (%)	Kehilangan Berat (%)
0	2,096
25	2,637
50	2,784
75	3,674
100	3,983

4. Penggunaan Pasir Pantai pada Pengujian *Index of Retained Strength*

Hasil pengujian *Index of Retained Strength* selama 24 jam dan 48 jam pada campuran *AC-BC* pada kadar aspal optimum tiap substitusi agregat halus pengganti dapat dilihat pada Tabel 5.21 berikut ini.

**Tabel 5.21 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Index of Retained Strength* pada Kadar Aspal Optimum untuk Tiap Agregat Halus Pengganti**

Substitusi Pasir Pantai (%)	Nilai <i>IRS</i> (%)		IDP (%)		IDK (%)	
	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam	24 Jam	48 Jam
0	92,539	84,591	0,317	0,649	3,805	7,624
25	92,076	84,516	0,337	0,655	4,337	7,682
50	91,693	83,689	0,354	0,695	4,582	8,151
75	90,474	83,197	0,405	0,730	4,646	8,568
100	89,956	82,653	0,427	0,732	4,918	8,583

Data-data karakteristik *Marshall*, *Indirect Tensile Strength*, *Cantabro Test* dan *Index of Retained Strength* dengan variasi substitusi agregat halus pantai Pasir Panjang terhadap karakteristik campuran *AC-BC* dianalisis menggunakan analisis statistik *Anova* satu arah. Hasil rekapitulasi analisis menggunakan *Anova* satu arah dapat dilihat pada Tabel 5.22 dan Tabel 5.23 berikut ini.

**Tabel 5.22 Rekapitulasi Data Uji Statistik *Anova***

Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
Stabilitas	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>Flow</i>	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>MQ</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>VITM</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>VFWA</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>VMA</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>ITS</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>Cantabro</i>	H <sub>1</sub> diterima	Signifikan
<i>IRS</i> 24 Jam	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
<i>IRS</i> 48 Jam	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
IDP 24 Jam	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
IDP 48 Jam	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
IDK 24 Jam	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan
IDK 48 Jam	H <sub>0</sub> diterima	Tidak Signifikan

Keterangan :

H<sub>0</sub> Diterima : Tidak terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan agregat halus pasir pantai Pasir Panjang sebagai substitusi agregat halus pengganti pada karakteristik campuran *AC-BC*.

H<sub>1</sub> Diterima : Terdapat pengaruh yang signifikan pada penggunaan agregat halus pasir pantai Pasir Panjang sebagai substitusi agregat halus pengganti pada karakteristik campuran AC-BC.

## 5.2 Pembahasan

Pembahasan dilakukan untuk memastikan bahwa bahan material yang digunakan untuk kegiatan pengujian telah memenuhi syarat dari spesifikasi umum Bina Marga 2010. Berikut ini pembahasan rangkaian pengujian yang dilakukan.

### 5.2.1 Karakteristik Agregat Kasar

Pengujian karakteristik agregat kasar bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat kasar. Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini berasal dari batuan Clereng, Kulonprogo.

#### 1. Pengujian Berat Jenis Agregat

Berat jenis agregat yaitu perbandingan antara berat volume agregat yang digunakan dengan berat volume air pada suhu yang sama. Nilai berat jenis agregat kasar berguna untuk menentukan perencanaan campuran, dikarenakan material dengan berat jenis yang lebih besar memiliki pori yang kecil sehingga kebutuhan aspal akan semakin sedikit, dan sebaliknya. Adapun hasil pengujian berat jenis agregat kasar Clereng yang telah dilakukan menghasilkan nilai sebesar 2,65. Nilai ini memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $> 2,5$ .

#### 2. Pengujian Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan agregat terhadap air merupakan kemampuan bahan dalam menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang ada pada agregat. Agregat yang mempunyai pori atau rongga yang kecil menyebabkan kebutuhan aspal lebih sedikit karena nilai penyerapannya semakin kecil. Adapun hasil pengujian penyerapan agregat kasar Clereng yang telah dilakukan menghasilkan nilai sebesar 1,912%. Nilai penyerapan air oleh agregat memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $< 3\%$ .

### 3. Pengujian Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Pengujian kelekatan agregat terhadap aspal bertujuan untuk menentukan presentase luas permukaan agregat yang terselintui oleh aspal terhadap permukaan agregat. Adapun hasil pengujian kelekatan agregat terhadap yang telah dilakukan menghasilkan nilai sebesar 96,5%. Nilai kelekatan agregat terhadap aspal memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu sebesar  $> 95\%$ .

### 4. Pengujian Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Pengujian keausan untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap penghancuran (degradasi) yang dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Nilai keausan agregat dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan lolos saringan No.12 yang aus terhadap berat bahan awal. Adapun hasil pengujian keausan dengan mesin *Los Angeles* dihasilkan sebesar 13,07% dan telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $< 40\%$ .

## 5.2.2 Karakteristik Agregat Halus

Pengujian karakteristik agregat halus bertujuan untuk mengetahui sifat fisik dan karakteristik agregat halus Clereng.

### 1. Pengujian Berat Jenis Agregat

Berat jenis adalah perbandingan antara berat satuan volume dari suatu material terhadap berat air terhadap volume yang sama pada suhu tertentu. Nilai berat jenis agregat halus berguna dalam perencanaan campuran. Adapun hasil pengujian berat jenis agregat halus Clereng yang telah dilakukan menghasilkan nilai sebesar 2,63 dan berat jenis agregat halus pasir pantai sebesar 2,549. Nilai hasil pengujian tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $> 2,5$ . Dalam penentuan berat volume diperlukan pengujian berat jenis pada masing-masing agregat halus. Hal ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan volume antar masing-masing agregat halus sehingga dapat menentukan volume yang

sama karena berat jenis agregat halus pasir pantai Pasir Panjang lebih kecil dari berat jenis agregat halus Clereng.

## 2. Pengujian Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan agregat terhadap air merupakan kemampuan bahan dalam menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang ada pada agregat. Agregat yang mempunyai pori atau rongga yang kecil menyebabkan kebutuhan aspal lebih sedikit karena nilai penyerapannya semakin kecil. Adapun hasil pengujian penyerapan agregat halus Clereng yang telah dilakukan menghasilkan nilai sebesar 2,35% dan penyerapan agregat halus pasir pantai sebesar 1,481%. Nilai hasil pengujian penyerapan agregat terhadap air telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $< 3\%$ .

## 3. Pengujian *Sand Equivalent*

Pengujian *sand equivalent* menunjukkan tingkat kebersihan agregat terhadap potensi adanya lumpur, debu atau kotoran lainnya yang masih ada pada agregat. Agregat halus yang digunakan harus bersih dan bebas dari kotoran dan jika terlalu banyak kotoran akan mempengaruhi kemampuan aspal untuk melekat dalam campuran. Adapun hasil pengujian *sand equivalent* agregat halus Clereng dihasilkan sebesar 91,98% dan nilai *sand equivalent* agregat halus pasir pantai sebesar 86,104%. Nilai hasil pengujian *sand equivalent* tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $>50\%$ .

### 5.2.3 Karakteristik Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi (*filler*) merupakan material berupa agregat halus yang lolos saringan No. 200. Adapun hasil pengujian berat jenis bahan pengisi (*filler*) debu batu adalah sebesar 2,553.

### 5.2.4 Karakteristik Aspal

Adapun pembahasan terhadap pengujian karakteristik aspal yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Berat Jenis Aspal

Nilai berat jenis aspal adalah perbandingan anatar berat aspal dengan berat air suling dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Hasil pengujian berat jenis aspal Pertamina pen 60/70 sebesar 1,023. Nilai pengujian aspal Pertamina pen 60/70 tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $>1,00$ .

2. Pengujian Penetrasi Aspal

Pengujian penetrasi aspal bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal dengan beban dan waktu pada suhu tertentu. Hasil pengujian di laboratorium dengan uji penetrasi aspal Pertamina pen 60/70 telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 60 mm – 70 mm dengan nilai hasil pengujian sebesar 63,1 mm.

3. Pengujian Daktilitas

Pengujian Daktilitas dimaksudkan untuk melihat kekuatan kohesi pada aspal, apabila tarikan tidak mencapai 100 cm maka dikhawatirkan bahan tidak mempunyai kelenturan cukup dan cenderung putus atau retak. Hasil pengujian daktilitas aspal Pertamina pen 60/70 telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu  $> 100$  cm dengan hasil pengujian sebesar 164 cm.

4. Pengujian Titik Nyala

Pengujian titik nyala dimaksudkan untuk mengetahui pada suhu berapa aspal mulai menyala dan aspal mulai memercikkan api. Hasil pengujian dilaboratorium dengan uji titik nyala aspal aspal Pertamina pen 60/70 tersebut memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu  $> 232^{\circ}\text{C}$  dengan nilai hasil pengujian sebesar  $285^{\circ}\text{C}$ .

5. Pengujian Titik Bakar

Pengujian titik bakar aspal dimaksudkan untuk menunjukkan batas temperatur di mana aspal mulai menimbulkan api yang terlihat menyala  $\pm 5$  detik pada permukaan aspal. Hasil pengujian titik bakar aspal aspal Pertamina pen 60/70 telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu  $> 232^{\circ}\text{C}$  dengan nilai hasil pengujian sebesar  $295^{\circ}\text{C}$ .

6. Pengujian Kelarutan dalam TCE (*Trychloroethylene*)



Pengujian kelarutan dalam *TCE* dimaksudkan untuk melihat aspal yang digunakan banyak mengandung bahan/mineral lain selain aspal atau tidak. Semakin besar presentase kelarutannya maka semakin kecil kandungan mineral lainnya yang dapat mengganggu ikatan aspal dengan batuan. Hasil pengujian kelautan dalam *TCE* aspal Pertamina pen 60/70 memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yaitu sebesar >99% dengan hasil pengujian sebesar 99,12%.

#### 7. Pengujian Titik Lembek

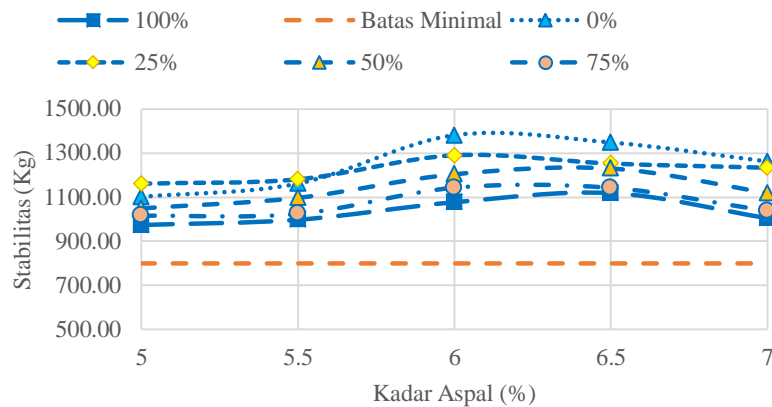
Pengujian titik lembek dimaksudkan untuk mengetahui batas temperatur saat aspal mulai menjadi lunak atau lembek. Nilai titik lembek aspal Pertamina pen 60/70 sebesar 49°C. Hasil pengujian titik lembek tersebut telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $\geq 48^\circ\text{C}$ .

#### 5.2.5 Hasil Peninjauan Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Parameter dalam memilih Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran *AC-BC* adalah berdasarkan nilai stabilitas *flow*, *Marshall Quotient*, *VITM*, *VFWA*, *VMA* dan *Density*. Tinjauan karakteristik *Marshall* dari hasil pengujian untuk mencari nilai KAO secara rinci dapat dilihat sebagai berikut.

##### 1. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk seperti alur dan gelombang sampai terjadinya kelelahan plastis. Nilai stabilitas tergantung dari tekstur permukaan agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran dan kadar aspal. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik stabilitas pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.6 berikut.

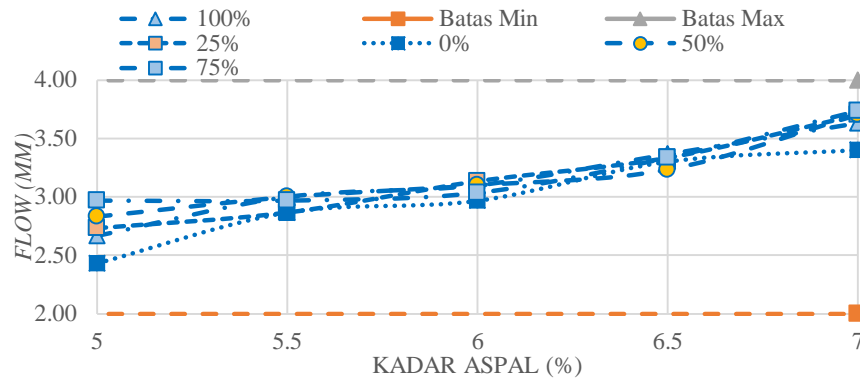


**Gambar 5.6 Grafik Hubungan Antara Kadar Aspal dan Nilai Stabilitas**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.6 di atas dapat dilihat bahwa nilai stabilitas pada campuran AC-BC semakin meningkat seiring dengan bertambahnya kadar aspal sampai pada kondisi tertentu selanjutnya nilai semakin menurun, penurunan terjadi setelah melalui kondisi kadar optimumnya. Setelah melalui kondisi optimum maka nilai stabilitas akan mengalami penurunan. Hal ini terjadi dikarenakan aspal yang fungsinya sebagai pengikat antar agregat fungsinya berubah menjadi pelicin antar agregat setelah melewati kondisi optimum yang mengakibatkan nilai stabilitas menurun.

## 2. *Flow*

*Flow* (Kelelehan) perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat adanya beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 *inch*. Nilai *flow* yang rendah menimbulkan campuran akan cenderung mudah mengalami retak, sebaliknya apabila nilainya besar akan mudah berdeformasi. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh grafik *flow* pada berbagai kadar aspal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.7 berikut.

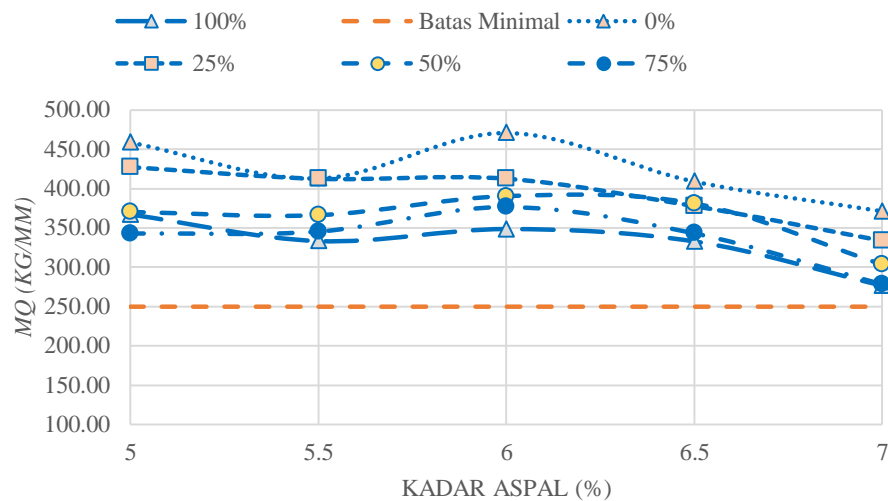


**Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai Flow**

Dari grafik pada Gambar 5.7 dapat dijelaskan bahwa semakin besar nilai kadar aspal, nilai *flow* akan mengalami peningkatan. Hasil nilai *flow* campuran AC-BC menunjukkan bahwa semakin besar presentase substitusi pasir pantai yang digunakan dalam campuran maka nilai *flow* akan semakin tinggi. Nilai *flow* yang meningkat karena semakin meningkatnya pula kadar aspal yang ada sehingga campuran akan menjadi plastis yang kemudian menyebabkan mudah terjadinya perubahan bentuk (deformasi). Hasil pengujian di laboratorium menunjukkan bahwa semakin besar penambahan pasir pantai nilai *flow* akan terus meningkat.

### 3. *Marshall Quotient*

Nilai *Marshall Quotient* merupakan hasil bagi dari nilai stabilitas dengan nilai *flow*. Nilai *MQ* menunjukkan kelenturan (fleksibilitas) dari campuran agregat aspal, semakin kecil nilai *MQ* maka campuran akan semakin lentur tetapi cenderung kurang stabil, dan sebaliknya jika semakin besar nilai *MQ* maka campuran akan semakin kaku dan memiliki kelenturan yang rendah. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Marshall Quotient* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.8 berikut ini.

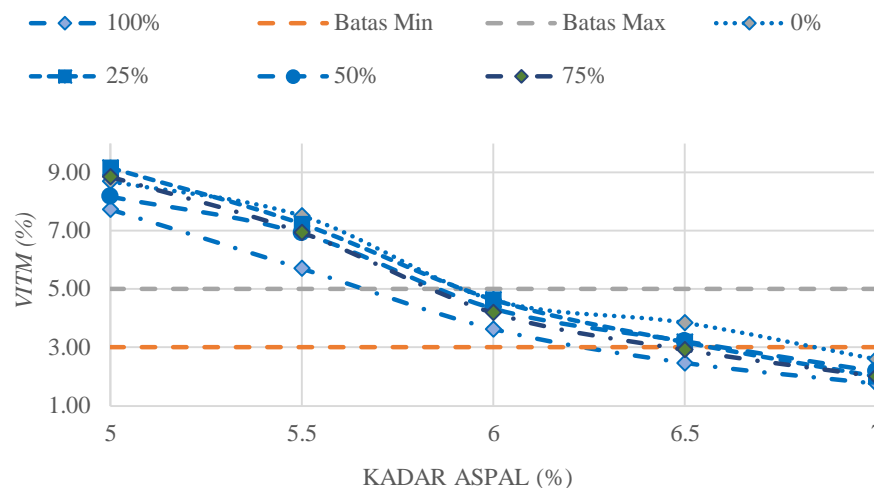


**Gambar 5.8 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai  $MQ$**

Dari grafik pada Gambar 5.8 dapat dilihat bahwa kenaikan nilai  $MQ$  pada campuran aspal disebabkan oleh bertambahnya kadar aspal sehingga kohesi campuran meningkat dan mengakibatkan campuran menjadi lebih kaku. Sedangkan penurunan nilai  $MQ$  pada campuran aspal disebabkan oleh bertambahnya kadar aspal yang menyebabkan campuran menjadi plastis. Pada grafik di atas dapat dilihat bahwa nilai  $MQ$  rendah terjadi pada kadar aspal 7%, hal ini dikarenakan nilai stabilitasnya rendah dan diiringi dengan nilai *flow* yang tinggi sehingga campurannya cenderung kurang stabil dan bersifat terlalu lentur. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi nilai  $MQ$  adalah bentuk agregat, tekstur permukaan, gradasi agregat, temperatur dan jumlah pemadatan.

4. *Void in Total Mix (VITM)*

*VITM* adalah persen rongga udara yang tersisa setelah campuran beton aspal dipadatkan. Spesifikasi *VITM* yang ditentukan Bina Marga 2010 untuk campuran *AC-BC* adalah sebesar 3-5%. Berdasarkan hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Void In Total Mix* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.9 berikut ini.

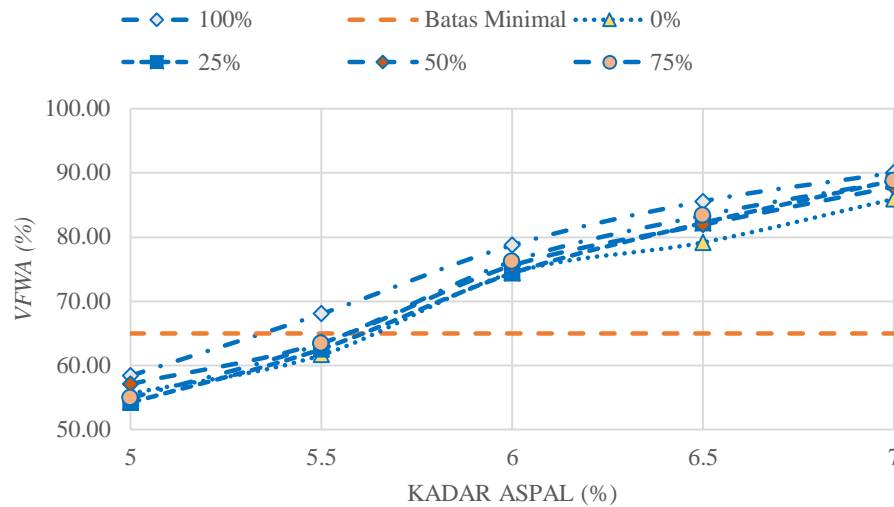


**Gambar 5.9 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VITM**

Berdasarkan grafik pada gambar 5.9 dapat dilihat bahwa semakin banyak kadar aspal yang digunakan, maka nilai *VITM* pada campuran *AC-BC* dengan bahan ikat aspal Pertamina pen 60/70 mengalami penurunan. Semakin rendah nilai *VITM* pada campuran semakin kecil rongga yang ada dalam campuran yang menyebabkan campuran lebih kedap terhadap air. Hasil pengujian *VITM* pada berbagai variasi KAO tidak semuanya masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu diantara 3-5%.

5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*Void Filled With Asphalt* adalah persen rongga yang terisi aspal pada campuran setelah dilakukan proses pemadatan. Nilai *VFWA* akan semakin besar dengan bertambahnya kadar aspal yang digunakan dalam campuran karena rongga dalam campuran yang terisi aspal akan semakin banyak. Nilai *VFWA* yang tinggi akan membuat campuran lebih kedap terhadap air dan udara, sehingga durabilitas campuran akan semakin bertambah pada kondisi tertentu. Bina Marga 2010 mensyaratkan nilai *VFWA* yaitu  $> 65\%$ . Adapun nilai hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Void Filled With Asphalt* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.10 berikut.

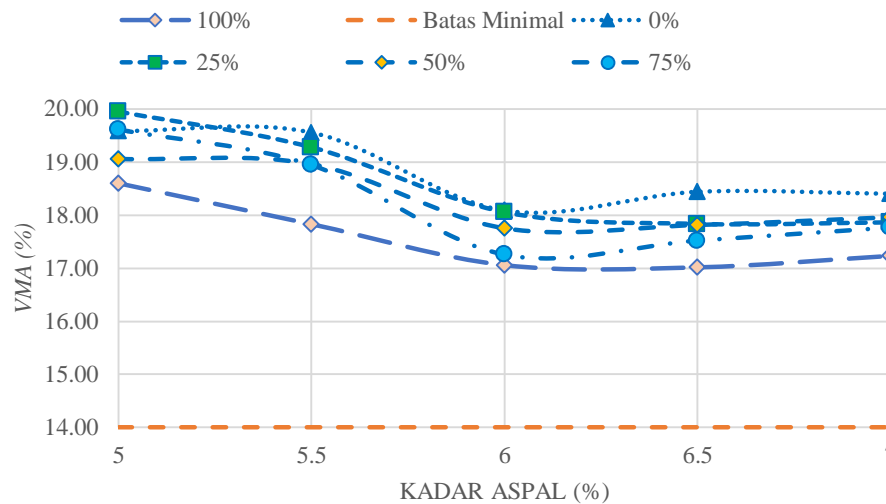


**Gambar 5.10 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VFWA**

Dilihat dari grafik pada Gambar 5.10 dapat diketahui bahwa semakin banyak penambahan kadar aspal maka nilai VFWA akan semakin besar, hal ini dikarenakan aspal yang mengisi rongga akan semakin banyak. Dalam grafik terlihat bahwa pada kadar aspal yang sama, campuran AC-BC yang menggunakan substitusi pasir pantai memiliki nilai VFWA yang lebih besar dibandingkan dengan campuran AC-BC dengan agregat halus Clereng. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar nilai VFWA semakin kedap campuran terhadap air dan udara. Hasil pengujian VFWA sebelum KAO tidak semua kadar aspal masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2010, yaitu > 65%.

6. *Void Mineral Agregate (VMA)*

*Voids In Mineral Aggregate* merupakan jumlah pori yang ada di antara butir-butir agregat di dalam campuran padat yang dinyatakan dalam persen. VMA akan meningkat pada campuran yang menggunakan gradasi terbuka. Adapun hasil pengujian yang dilakukan, diperoleh nilai grafik VMA seperti ditunjukkan pada Gambar 5.11 berikut.



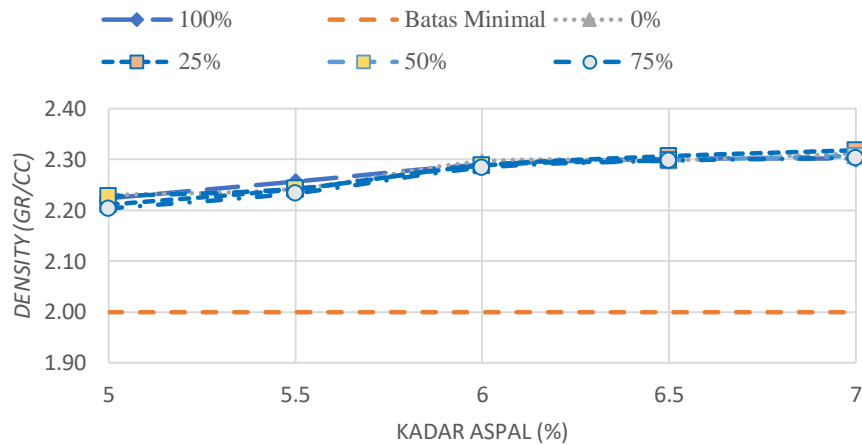
**Gambar 5.11 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Nilai VMA**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.11 dapat diketahui bahwa nilai VMA akan mengalami penurunan seiring bertambahnya kadar aspal dan mulai meningkat setelah mencapai batas optimum. Hal ini dikarenakan pada kadar aspal yang rendah, rongga antar agregat yang tersedia untuk ditempati oleh aspal juga akan semakin rendah, dan begitu pula sebaliknya pada kadar aspal yang tinggi maka rongga antar agregat yang tersedia juga tinggi. Nilai VMA dipengaruhi oleh gradasi agregat, ukuran agregat, jumlah tumbukan, dan kadar aspal. Pada campuran AC-BC dengan penambahan pasir pantai menunjukkan bahwa nilai VMA mengalami penurunan akibat adanya pengaruh agregat halus pasir pantai. Dari hasil pengujian bahwa nilai VMA campuran AC-BC dengan substitusi 0% sampai dengan 100% telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu  $> 14\%$ .

7. *Density* (Kepadatan)

*Density* merupakan nilai berat volume untuk menunjukkan kepadatan dari campuran. Semakin besar kadar aspal yang digunakan dalam campuran maka tingkat kepadatan dan kerapatannya semakin tinggi, dikarenakan jumlah aspal yang semakin besar yang dapat mengisi rongga antar butir. Nilai kepadatan (*density*) dipengaruhi beberapa faktor diantaranya gradasi bahan, temperatur pemadatan, jumlah pemadatan dan penggunaan kadar

aspal dalam campuran. Adapun hasil pengujian di laboratorium diperoleh nilai grafik *Density* seperti ditunjukkan pada Gambar 5.12 berikut.



**Gambar 5.12 Grafik Hubungan kadar aspal dengan nilai *Density***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.12 di atas dapat diketahui nilai *Density* pada campuran AC-BC mempunyai kenaikan yang tidak signifikan seiring dengan bertambahnya kadar aspal. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya kadar aspal maka jumlah aspal yang dapat mengisi rongga antar butir sama besarnya, sehingga campuran menjadi padat dan kedap air. Pada campuran AC-BC dengan penambahan pasir pantai menunjukkan bahwa nilai *density* memiliki kenaikan akibat adanya pengaruh agregat halus pasir pantai. Dari hasil pengujian, diketahui dengan substitusi pasir pantai 0% sampai 100% untuk nilai *density* telah memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2010, dengan nilai minimal 2 gr/cc.

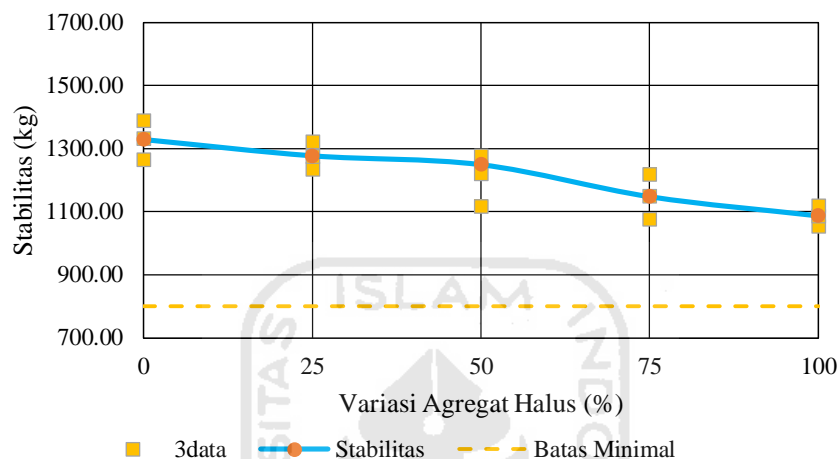
#### 5.2.6 Karakteristik Pengujian *Marshall* pada KAO Campuran AC-BC dengan Pasir Pantai Sebagai Substitusi Agregat Halus Pengganti.

Berdasarkan hasil penelitian dapat dilihat bahwa berat jenis pasir pantai memiliki nilai lebih kecil daripada agregat halus Clereng dan penyerapan air agregat halus pasir pantai lebih kecil daripada agregat halus Clereng. Hal ini akan berpengaruh terhadap nilai dalam campuran AC-BC.



Berikut adalah pembahasan hasil pengujian campuran *AC-BC* pada KAO dengan menggunakan substitusi agregat halus pasir pantai Pasir Panjang.

1. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Pasir Pantai terhadap Nilai Stabilitas Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan, didapatkan hasil hubungan antara substitusi pasir pantai dengan nilai stabilitas *Marshall* pada campuran *AC-BC* seperti yang terlihat pada Gambar 5.13 berikut.

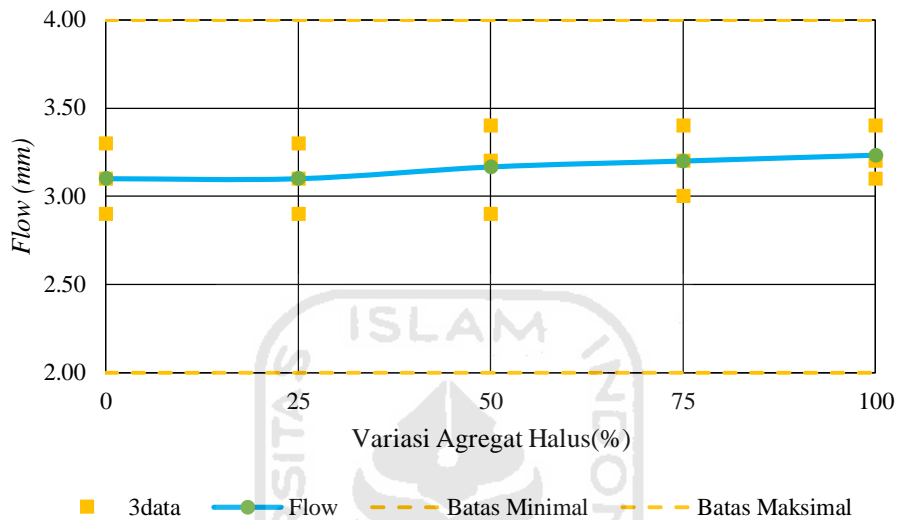


**Gambar 5.13 Grafik Pengaruh Substitusi Pasir Pantai Terhadap Nilai Stabilitas**

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.13 dapat diketahui bahwa nilai stabilitas pada campuran *AC-BC* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai. Penurunan stabilitas dikarenakan keterikatan antar agregat semakin berkurang yang disebabkan oleh tekstur agregat halus pasir pantai yang lebih halus dan penyerapan air yang lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus Clereng sehingga ikatan antar agregat dan aspal semakin menurun. Perubahan nilai stabilitas yang terjadi akibat penggunaan substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini sejalan dengan penelitian Arifiardi, dkk (2016) bahwa campuran *AC-WC* dengan agregat halus pengganti pasir pantai 0%, 50% dan 100% memiliki nilai stabilitas yang selalu menurun. Berdasarkan penelitian tersebut penurunan nilai stabilitas bisa terjadi karena keterikatan antar agregat semakin

berkurang. Selain itu, tekstur agregat halus pasir pantai kurang kasar sehingga tidak saling mengunci.

2. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Pasir Pantai terhadap Nilai *Flow*  
Berdasarkan hasil hubungan antara substitusi agregat halus dengan nilai *flow* pada campuran AC-BC dapat dilihat pada Gambar 5.14.



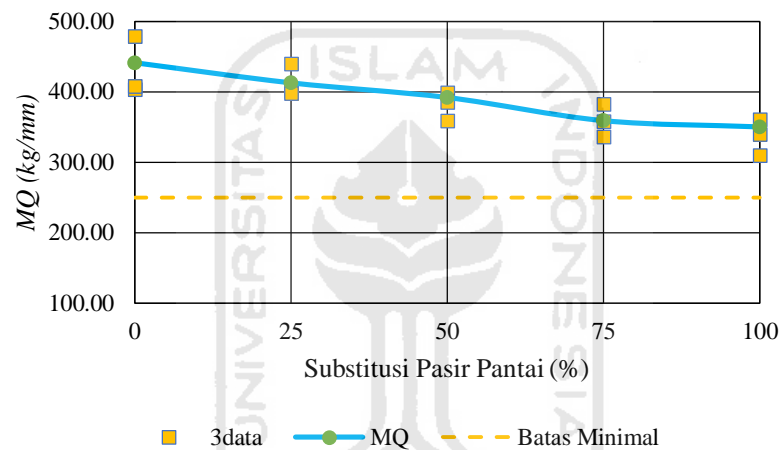
**Gambar 5.14 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai *Flow***

Berdasarkan grafik pada Gambar 5.14 dapat dilihat bahwa nilai *flow* semakin meningkat seiring dengan bertambahnya variasi substitusi agregat halus pasir pantai dalam campuran AC-BC. Hal ini disebabkan oleh permukaan pasir pantai yang lebih halus daripada agregat halus Clereng sehingga aspal yang menyelimuti permukaan agregat menjadi lebih banyak dan penyerapan air yang lebih kecil sehingga jumlah aspal yang menyelimuti agregat menjadi lebih tebal dan kelelehan pada perkerasan semakin meningkat. Perubahan nilai *flow* yang terjadi akibat penggunaan substitusi pasir pantai tidak signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Ramadhan dan Suparma (2018) bahwa campuran AC-WC yang menggunakan variasi agregat halus

pengganti pasir kuarsa 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% mengalami penurunan nilai *flow* dengan bertambahnya jumlah substitusi agregat halus dalam campuran AC-WC dikarenakan pasir kuarsa memiliki penyerapan air yang lebih tinggi daripada agregat halus yang dipakai sehingga aspal yang menyelimuti agregat semakin tipis dan membuat kelelahan semakin menurun.

3. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Pasir Pantai terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

Berikut hasil hubungan antara substitusi agregat halus dengan nilai *MQ* pada campuran AC-BC dapat dilihat pada Gambar 5.14.

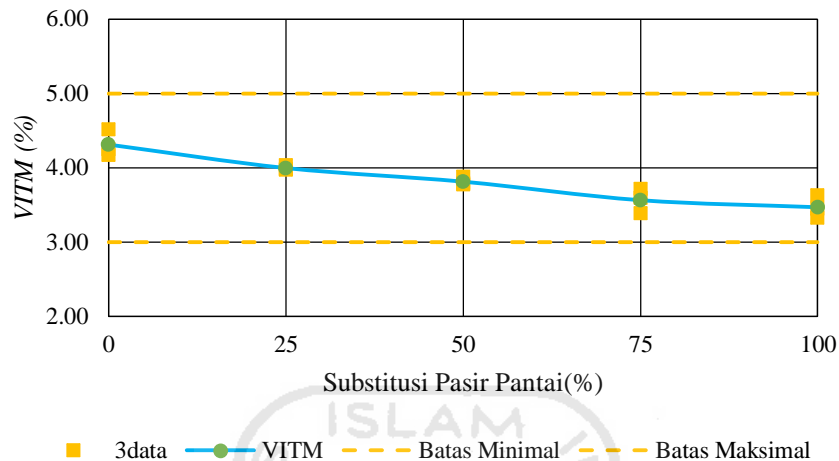


**Gambar 5.15 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai *MQ***

Dari grafik pada Gambar 5.15 di atas dapat dilihat nilai *MQ* mengalami penurunan seiring bertambahnya substitusi pasir pantai. Nilai *MQ* yang rendah menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas rendah dengan tingkat kelelahan tinggi yang dapat mengakibatkan campuran aspal menjadi sangat elastis dan mudah mengalami deformasi. Perubahan nilai *MQ* yang terjadi akibat penggunaan substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Kusharto (2014) bahwa agregat pasir pantai sebagai pengganti dalam campuran beton aspal mengalami penurunan nilai *MQ*.

4. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Pasir Pantai terhadap Nilai *Void In The Total Mix (VITM)*

Berikut hasil hubungan antara substitusi agregat halus dengan nilai *VITM* pada campuran *AC-BC* dapat dilihat pada Gambar 5.16.

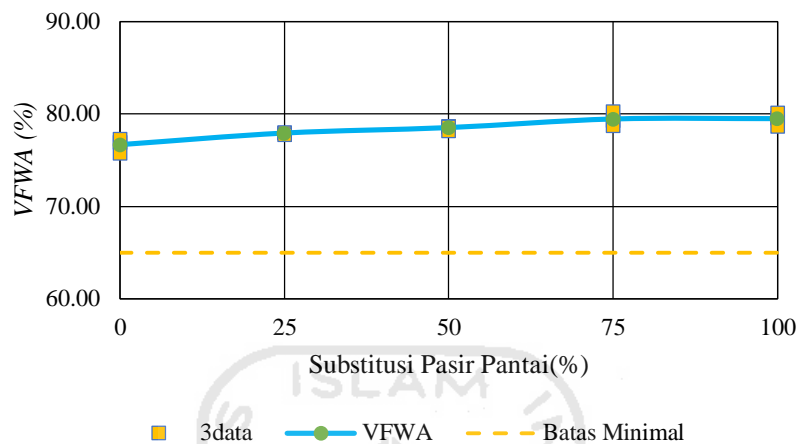


**Gambar 5.16 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai *VITM***

Dari grafik pada Gambar 5.16 bahwa nilai *VITM* pada campuran *AC-BC* mengalami penurunan dengan bertambahnya substitusi agregat halus pasir pantai. Kondisi ini disebabkan permukaan pasir pantai yang lebih halus daripada agregat halus Clereng sehingga aspal yang menyelimuti permukaan agregat menjadi lebih tebal dan penyerapan air pada pasir pantai yang lebih kecil daripada agregat halus Clereng yang menyebabkan jumlah aspal yang diserap agregat menjadi lebih sedikit dan membuat campuran menjadi lebih padat. Perubahan nilai *VITM* yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini berbanding terbalik dengan penelitian Fauziah dan Zakaria (2012). Nilai *VITM* pada dengan variasi substitusi pasir Bengawan mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir Bengawan karena penyerapan air pada pasir Bengawan Solo lebih besar daripada agregat halus Clereng yang menyebabkan aspal yang diserap oleh agregat lebih banyak yang membuat nilai *VITM* semakin meningkat.

5. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Pasir Panjang terhadap Nilai *Void Filled With Asphalt* (VFWA)

Berikut hasil hubungan antara substitusi agregat halus dengan nilai VFWA pada campuran AC-BC dapat dilihat pada Gambar 5.17

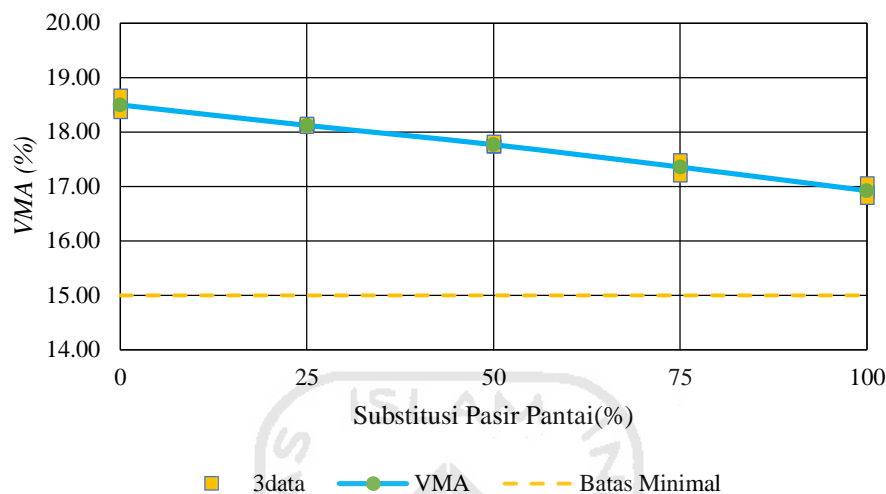


**Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai VFWA**

Dari grafik pada Gambar 5.17 kandungan rongga pada campuran AC-BC mengalami peningkatan dengan bertambahnya substitusi pasir pantai. Peningkatan nilai VFWA dikarenakan permukaan pasir pantai yang lebih halus daripada agregat halus Clereng sehingga aspal yang menyelimuti permukaan agregat menjadi lebih banyak dan penyerapan air pada pasir pantai lebih kecil daripada agregat halus Clereng yang menyebabkan persentase rongga yang terisi aspal semakin banyak. Perubahan nilai VFWA yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini sejalan dengan penelitian Gaus (2017), nilai VFWA pada campuran aspal yang menggunakan substitusi agregat halus pasir pantai lebih tinggi dari agregat halus normal. Semakin banyak substitusi agregat halus pasir, maka campuran aspal akan meningkat kekedapannya karena pasir pantai memiliki penyerapan air yang lebih kecil.

6. Analisis Pengaruh Variasi Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai terhadap Nilai *Void Mineral Aggregate (VMA)*

Berikut hasil hubungan antara substitusi agregat halus dengan nilai *VMA* pada campuran *AC-BC* dapat dilihat pada Gambar 5.18.



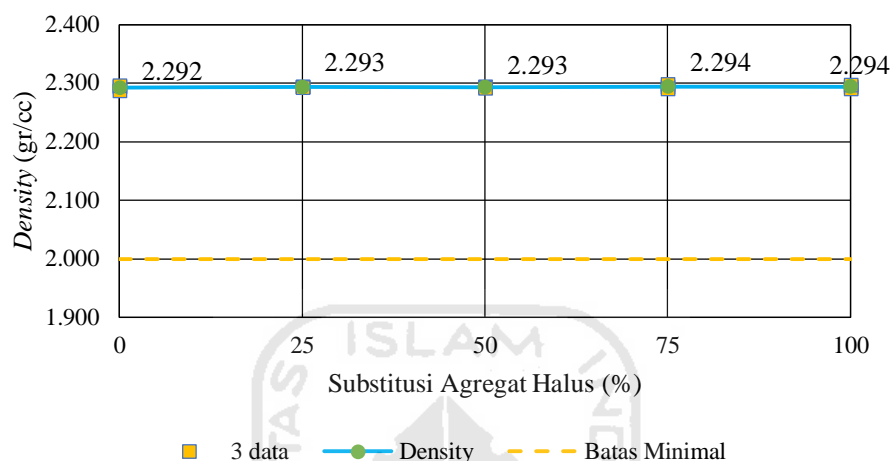
**Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai *VMA***

Dari grafik pada Gambar 5.18 nilai *VMA* pada campuran *AC-BC* mengalami penurunan seiring bertambahnya pasir pantai. Hal ini dapat disebabkan karena tekstur pada permukaan pasir pantai yang lebih halus dari agregat halus Clereng yang membuat aspal menyelimuti permukaan agregat menjadi lebih banyak dan penyerapan air pada pasir pantai lebih kecil dibandingkan dengan agregat halus Clereng sehingga jumlah aspal yang terserap oleh agregat menjadi lebih sedikit yang membuat rongga diantara agregat lebih kecil sehingga membuat campuran menjadi lebih rapat. Perubahan nilai *VMA* yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini sejalan dengan penelitian Gaus (2017) bahwa campuran yang menggunakan substitusi pasir pantai mengalami penurunan nilai *VMA*. Hal ini dikarenakan penambahan pasir pantai sebagai pengganti agregat halus membuat rongga campuran antar agregat semakin mengisi

yang menjadikan pori semakin kecil sehingga rongga antar butiran agregat berkurang.

#### 7. *Density* (Kepadatan)

Berikut hasil hubungan antara substitusi agregat halus dengan nilai *density* pada campuran AC-BC dapat dilihat pada Gambar 5.19.

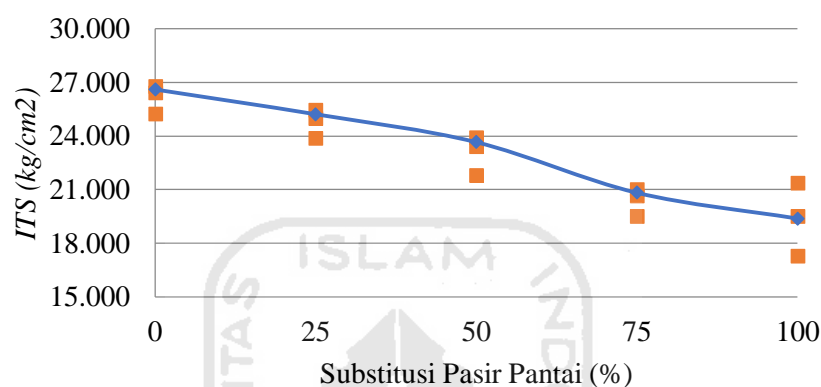


**Gambar 5.19 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai *Density***

Dari grafik pada Gambar 5.19 nilai *density* pada campuran AC-BC mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai. Hal ini disebabkan oleh permukaan pasir pantai yang lebih halus daripada agregat halus Clereng yang mengakibatkan aspal semakin banyak menutupi permukaan agregat dan membuat selimut aspal pada agregat menjadi lebih tebal dan kecilnya penyerapan air pasir pantai dibandingkan dengan agregat halus Clereng yang mengakibatkan aspal yang terserap oleh agregat menjadi lebih sedikit yang membuat campuran menjadi lebih padat. Perubahan nilai *density* yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai tidak signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hasil tersebut menunjukkan kesamaan pada penelitian Ramadhan dan Suparma (2018) yang menunjukkan bahwa agregat halus pasir pantai memiliki nilai *density* yang semakin meningkat walaupun perbedaannya kecil.

### 5.2.7 Karakteristik Pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* dengan Pasir Pantai Sebagai Agregat Halus Pengganti

*Indirect Tensile Strength (ITS)* adalah suatu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran beraspal akibat beban lalu lintas yang dihitung dari puncak beban. Hasil pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* terhadap substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.20 berikut.



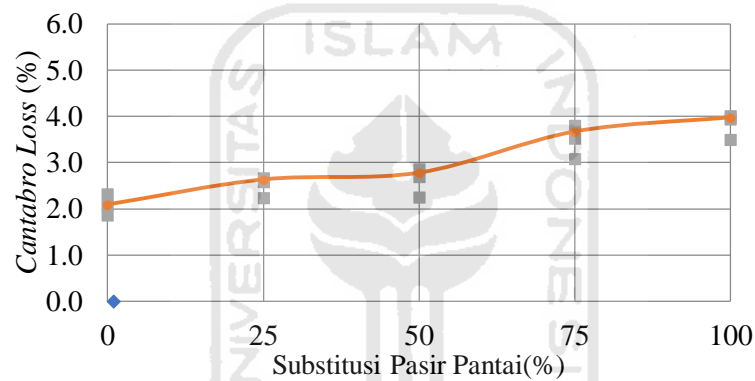
**Gambar 5.20** Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)*

Dari grafik pada Gambar 5.20 nilai *ITS* semakin menurun dengan kedalam campuran *AC-BC*. Penurunan nilai *ITS* menunjukkan bahwa semakin besar substitusi pasir pantai, maka semakin besar retakan yang terjadi pada campuran *AC-BC*. Hal ini disebabkan semakin banyak substitusi pasir pantai yang digunakan untuk campuran aspal sehingga pori yang ada di campuran semakin kecil tetapi campuran mudah lepas karena tarik dikarenakan tekstur permukaan pasir pantai yang lebih halus daripada agregat halus Clereng yang mengakibatkan menurunnya ikatan antar agregat dan aspal. Perubahan nilai *ITS* yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*. Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Suparma (2018) semakin banyaknya substitusi pasir kuarsa akan menyebabkan nilai *ITS* semakin menurun dikarenakan berkurangnya nilai kohesi, adhesi dan *interlocking* antar agregat.



### 5.2.8 Karakteristik Pengujian *Cantabro* dengan Pasir Pantai sebagai Agregat Halus Pengganti

*Cantabro* yaitu pengujian yang bertujuan untuk mengetahui ketahanan benda uji terhadap disintegrasi di mana pengujian tersebut menggunakan mesin *Los Angeles*. Pengujian *cantabro* dilakukan dengan memasukkan benda uji kedalam mesin *Los Angeles* dengan diputar sebanyak 300 kali tanpa menggunakan bola baja didalamnya. *Cantabro* memberikan gambaran sejauh mana ketahanan perkerasan aspal menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Nilai hasil pengujian *Cantabro* pada campuran *AC-BC* dengan substitusi pasir pantai sebagai pengganti agregat halus dapat dilihat pada Gambar 5.21 berikut.



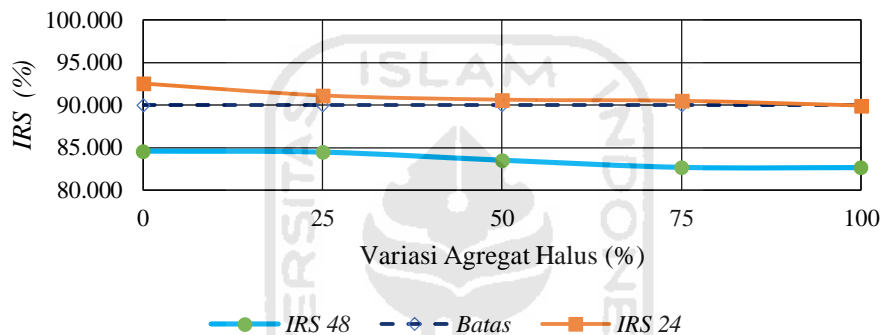
**Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Terhadap Nilai *Cantabro***

Dari grafik pada Gambar 5.21 bahwa semakin besar substitusi pasir pantai dalam campuran *AC-BC* maka nilai *cantabro* akan semakin besar. Dapat disimpulkan semakin banyak substitusi pasir pantai mengakibatkan campuran tidak berikatan dengan baik karena permukaan pasir pantai yang lebih halus sehingga campuran mudah lepas karena benturan. Perubahan nilai *cantabro* yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai signifikan berdasarkan uji *Anova*.

### 5.2.9 Karakteristik *Index Retained Strength*, Indeks Durabilitas Pertama dan Indeks Durabilitas Kedua pada Pasir Pantai sebagai Agregat Halus Pengganti

#### 1. *Indirect of Retained Strength (IRS)*

*Indirect of Retained Strength (IRS)* bertujuan untuk kekuatan sisa dalam campuran AC-BC dan mengetahui kerusakan campuran aspal terhadap suhu yang ekstrim setelah mengalami proses perendaman selama 24 jam dan 48 jam pada suhu 60°C terhadap perendaman selama 0,5 jam pada suhu 60°C. Grafik hasil nilai *IRS* akibat pengaruh substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.22 berikut.



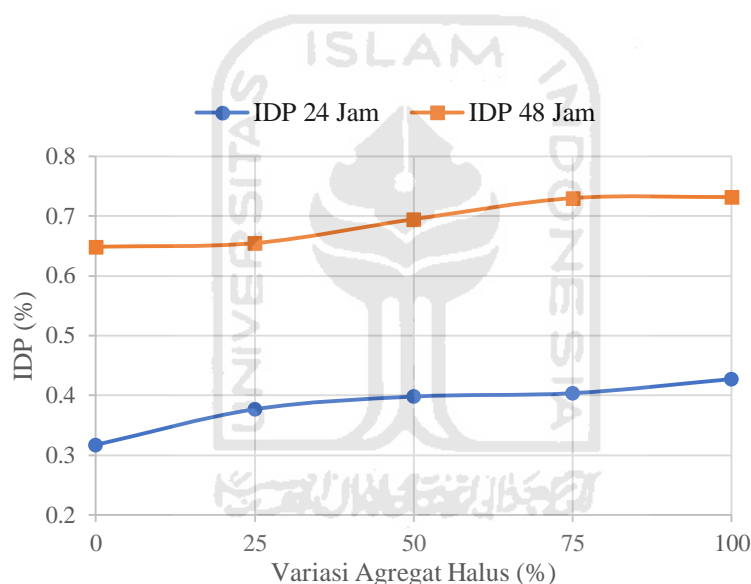
**Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai *Index of Retained Strength (IRS)***

Dari grafik pada Gambar 5.22 bahwa semakin banyak substitusi pasir pantai maka nilai *Index of Retained Strength* semakin menurun dari variasi substitusi 0% sampai 100%. Terjadinya penurunan nilai *IRS* pada substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti dikarenakan permukaan pasir pantai lebih halus dibandingkan agregat halus Clereng yang menyebabkan ikatan antar agregat dan aspal semakin berkurang pada campuran AC-BC ketika temperatur berubah pada waktu yang cukup lama. Nilai *IRS* pada substitusi pasir pantai 100% tidak memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 yang mempunyai spesifikasi yaitu  $> 90\%$ . Perubahan nilai *IRS* yang terjadi akibat variasi substitusi pasir pantai tidak signifikan berdasarkan uji *Anova*.

Hal ini sejalan dengan penelitian Ramadhan dan Suparma (2018) bahwa campuran AC-WC yang menggunakan substitusi pasir kuarsa sebagai pengganti agregat halus variasi 0% sampai 100% mengalami penurunan dikarenakan pengaruh infiltrasi air terhadap campuran aspal yang direndam terus menerus akan mengurangi kohesi pada campuran dan membuat campuran rentan terhadap kerusakan.

## 2. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama (IDP) yaitu nilai sensitivitas kehilangan kekuatan atau penurunan stabilitas campuran terhadap perendaman. Grafik hasil nilai IDP akibat pengaruh substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut.



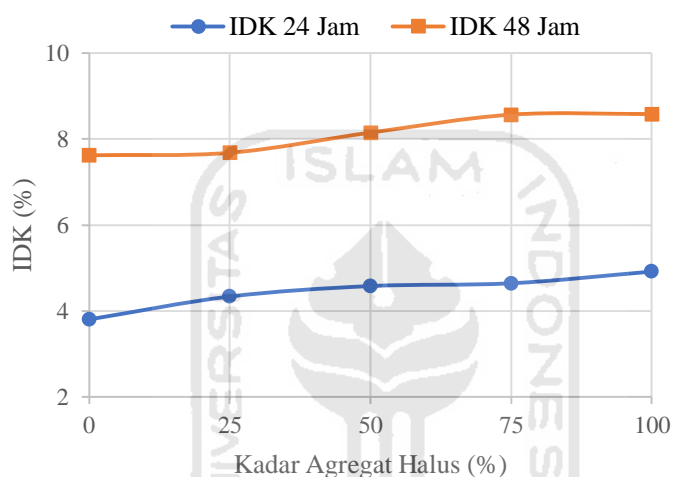
**Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai Indeks Durabilitas Pertama**

Dari grafik pada Gambar 5.23 bahwa nilai IDP mengalami peningkatan dengan bertambahnya substitusi pasir pantai yang menyebabkan campuran aspal mengalami penurunan kekuatan dikarenakan bentuk butiran pasir pantai yang lebih halus dibandingkan agregat halus Clereng yang membuat ikatan antar agregat dan aspal semakin berkurang. Hal ini senada dengan penelitian Gumilang (2017) yaitu pengaruh rendaman air tawar terhadap

durabilitas campuran *AC-BC*. Penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin lama campuran *AC-BC* terendam air, maka tingkat durabilitasnya akan semakin menurun.

### 3. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua (IDK) yaitu kehilangan kekuatan rata-rata dalam lama perendaman. Grafik hasil nilai IDK akibat pengaruh substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti dapat dilihat pada Gambar 5.23 berikut.



**Gambar 5.24 Grafik Pengaruh Pasir Pantai Terhadap Nilai Indeks Durabilitas Kedua**

Dari grafik pada Gambar 5.24 bahwa nilai IDK mengalami peningkatan dengan bertambahnya substitusi pasir pantai yang menyebabkan campuran aspal mengalami penurunan kekuatan dikarenakan bentuk butiran pasir pantai yang lebih halus dibandingkan agregat halus Clereng yang membuat ikatan antar agregat dan aspal semakin berkurang. Hal ini senada dengan penelitian Gumilang (2017) yaitu pengaruh rendaman air tawar terhadap durabilitas campuran *AC-BC*. Penelitian tersebut menyatakan bahwa semakin lama campuran *AC-BC* terendam air, maka tingkat durabilitasnya akan semakin menurun.

### 5.3 Tinjauan Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* dengan Menggunakan Pasir Pantai Pasir Panjang sebagai Agregat Halus Pengganti

Penelitian secara menyeluruh yang telah dilakukan, mendapatkan kesimpulan dari berbagai macam hasil yang didapat. Berat jenis agregat halus pasir pantai, penyerapan air lebih kecil daripada agregat halus Clereng dan permukaan agregat halus pasir pantai yang halus mengakibatkan menurunnya nilai pada pengujian karakteristik *Marshall*, pengujian *IRS*, *ITS*, dan meningkatnya nilai *Cantabro Loss* seiring dengan penambahan variasi pasir pantai. Perubahan juga terjadi pada pengujian Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan dari berbagai macam hasil yang telah diperoleh sesuai dengan substitusi agregat halus pengganti pada campuran *AC-BC* dengan variasi substitusi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Berikut ini merupakan rekapitulasi hasil pengujian dengan substitusi agregat halus pasir pantai Pasir Panjang pada campuran *AC-BC* dapat dilihat pada Tabel 5.24 di bawah ini.

**Tabel 5.23 Rekapitulasi Hasil Pengujian Penggunaan Pasir Pantai sebagai Substitusi Agregat Halus Pengganti pada Campuran *AC-BC***

Parameter	Kesimpulan
Stabilitas	Nilai stabilitas <i>Marshall</i> mengalami penurunan yang signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai dan semua variasi substitusi memenuhi syarat Bina Marga (2010).
<i>Flow</i>	Nilai <i>flow</i> mengalami kenaikan yang tidak signifikan berdasarkan uji <i>Anova</i> seiring bertambahnya variasi substitusi pasir pantai dan semua variasi substitusi memenuhi syarat Bina Marga (2010).
<i>MQ</i>	Nilai <i>MQ</i> mengalami penurunan yang signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai dan semua variasi substitusi memenuhi syarat Bina Marga (2010).

**Lanjutan Tabel 5.24 Rekapitulasi Hasil Pengujian Penggunaan Pasir Pantai  
Sebagai Substitusi Agregat Halus Pengganti pada Campuran AC-BC**

Parameter	Kesimpulan
<i>VITM</i>	Nilai <i>VITM</i> mengalami penurunan yang signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai dan semua variasi substitusi memenuhi syarat Bina Marga (2010)
<i>VFWA</i>	Nilai <i>VFWA</i> mengalami kenaikan signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring bertambahnya variasi substitusi pasir memenuhi syarat Bina Marga (2010)
<i>VMA</i>	Nilai <i>VMA</i> mengalami penurunan signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai dan memenuhi syarat Bina Marga (2010)
<i>Density</i>	Nilai <i>Density</i> mengalami kenaikan yang tidak signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai dan semua variasi substitusi memenuhi syarat Bina Marga (2010).
<i>ITS</i>	Nilai <i>ITS</i> mengalami penurunan signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai. Dilihat dari analisis <i>Anova</i> .
<i>Cantabro</i>	Nilai <i>cantabro</i> mengalami kenaikan signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai.
<i>IRS</i>	Nilai <i>IRS</i> mengalami penurunan yang tidak signifikan berdasarkan analisis <i>Anova</i> seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai. Variasi substitusi pasir pantai sampai 75% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010 yaitu minimal 90%

## BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran *Asphalt Concrete Binder Course* dengan menggunakan variasi substitusi pasir pantai Pasir Panjang sebagai pengganti agregat halus dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sifat fisik pasir Pantai Pasir Panjang sebagai substitusi agregat halus Clereng pada campuran *AC-BC* memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga (2010).
2. Semakin bertambahnya substitusi pasir pantai nilai yang mengalami penurunan yaitu nilai stabilitas, *MQ*, *VITM*, dan *VMA* pada campuran *AC-BC*. Pada nilai *flow*, dan *VFWA* cenderung mengalami kenaikan. Penambahan semua variasi substitusi pasir pantai masih memenuhi persyaratan karakteristik *Marshall* yang telah ditentukan oleh Bina Marga 2010.
3. Nilai *Indirect Tensile Strength (ITS)* dengan penggunaan variasi substitusi pasir pantai sebagai pengganti agregat halus pada campuran *AC-BC* cenderung mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya substitusi pasir pantai. Hal ini dikarenakan lebar retak yang terjadi pada campuran *AC-BC* lebih besar seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai.
4. Nilai *Cantabro Loss* pada campuran *AC-BC* dengan menggunakan substitusi pasir pantai Pasir Panjang sebagai agregat halus pengganti mengalami kenaikan seiring dengan bertambahnya variasi substitusi pasir pantai.
5. Nilai *IRS* pada campuran *AC-BC* dengan menggunakan variasi substitusi pasir pantai sebagai agregat halus pengganti pada variasi substitusi sampai 75% memiliki nilai *IRS* sesuai standar yang disyaratkan Bina Marga 2010 yaitu minimum 90%. Semakin lama campuran *AC-BC* terendam air, maka tingkat durabilitas pada campuran aspal akan semakin menurun, baik dari nilai *Index of Retained Strength (IRS)*, Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks

Durabilitas Kedua (IDK), sehingga variasi substitusi pasir pantai terhadap campuran *AC-BC* cukup sensitif terhadap kehilangan kekuatan dengan lama perendaman dan nilai kehilangan kekuatan rerata semakin menurun.

## 6.2 Saran

Merujuk pada hasil penelitian campuran *AC-BC* dengan pasir pantai Pasir Panjang sebagai pengganti agregat halus, maka diperoleh saran sebagai berikut.

1. Pada campuran *AC-BC* yang menggunakan pasir pantai sebagai variasi substitusi agregat halus pengganti disarankan menggunakan variasi substitusi pasir pantai sebesar 0%, 25%, 50% dan 75% karena campuran masih memenuhi ke dalam spesifikasi Bina Marga 2010.
2. Perlu dilakukan pencucian pada agregat halus pasir Pantai Pasir Panjang untuk menghilangkan kadar garam kotoran lainnya.





## DAFTAR PUSTAKA

- Arifiardi, I., Hadi, W., & Purnomo, A. (2016). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Carita Sebagai Campuran Agregat Halus Pada Lapisan Permukaan Aspal Beton Terhadap Persyaratan Parameter Marshall . *Jurnal Menara Jurusan Teknik Sipil FT UNJ Volume XI - No. 1* .
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2010). *Spesifikasi Umum 2010 divisi 6*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Gaus, A. (2017). Penggunaan Pasir Laut Sanana Untuk Campuran Aspal Concrete. *Jurnal Sipilsains* .
- Gumilang, D. (2017). Analisis Dampak Rendaman Air Tawar Terhadap Durabilitas Dan Properties Marshall Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Universitas Muhammadiyah Surakarta* .
- Kusharto, H. (2004). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Terhadap Sifat Marshall Dalam Campuran Beton Aspal. *Media Komunikasi Teknik Sipil* , 91-99.
- Ramadhan, G. B., & Suparma, L. B. (2018). Pengaruh Penggunaan Pasir Kuarsa Pada Laston AC-WC Sebagai Pengganti Agregat Halus. *Jurnal HPJI Vol. 4 No. 2* , 91-104.
- Refi, A. (2015). Efek Pemakaian Pasir Laut Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas (AC-BC) Dengan Pengujian Marshall. *Jurnal Teknik Sipil ITP Vol.2 No.1 Januari 2015 ISSN: 2354-8452* , 5-12.
- Sukirman, S. (1999). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Penerbit Granit 2003.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Yogyakarta: Nova.

Zakaria, H., & Fauziah, M. (2012). Optimasi Penggunaan Pasir Bengawan Solo Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Jurnal Rekayasa Sipil* , 82-92.



# LAMPIRAN





## Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

### PEMERIKSAAN BERAT JENI

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

#### HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer Kosong (gr)	20,57	20,68
2	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	43,53	43,65
3	Berat Aquadest (gr) (2-1)	22,96	22,97
4	Berat Piknometer + Aspal (gr)	22,81	22,38
5	Berat Aspal (gr) (4-1)	2,24	1,7
6	Berat Piknometer + Aspal + Aquadest (gr)	43,55	43,71
7	Berat Aquadest (gr) (6-4)	20,74	21,33
8	Volume Aspal (gr) (3-7)	2,22	1,64
9	Berat Jenis Aspal (5/8)	1,009	1,037
10	Rata-Rata BJ Aspal	1,023	

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



I. Subarkah, M.T.

Peneliti

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195

Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4/TCE

PEMERIKSAAN KELARUTAN ASPAL DALAM CCL4/TCE

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

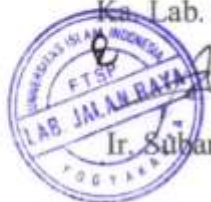
PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu (°C)
1	Penimbangan	Mulai	10.30	27
2	Pelarutan	Mulai	10.40	27
3	Penyaringan	Mulai	10.43	27
		Selesai	10.55	27
4	Di Oven	Mulai	10.55	110
5	Penimbangan	Selesai	11.16	27

HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat Erlen Mayer Kosong (gr)	68,11	73,49
2	Berat Erlen Mayer Kosong + Aspal (gr)	69.74	74,76
3	Berat Aspal (gr) (2-1)	0,87	1,27
4	Berat Kertas Saring Bersih (gr)	0,61	0,62
5	Berat Kertas Saring Bersih + Mineral (gr)	0,62	0,63
6	Berat Mineral (gr) (5-4)	0,01	0,01
7	Persentase Mineral (6/3 X 100%)	1,15	0,79
8	Aspal Yang Larut (100%-7)	98,85%	99,21%
9	Rata-Rata Aspal Yang Larut (100%)	99,03%	

Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti



Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195



### Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas

#### PEMERIKSAAN DAKTILITAS (*DUCTILITY*) / RESIDUE

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN


No.	Pemeriksaan	Keterangan	Waktu	Temperatur
1	Persiapan Benda Uji	Aspal Dipanaskan	15 Menit	Suhu Pemanasan $\pm 135^{\circ}\text{C}$
2	Mendinginkan Benda Uji	Didiamkan Pada Suhu Ruang	60 Menit	Suhu Ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$
3	Perendaman Benda Uji	Direndam Dalam Waterbath Pada Suhu $25^{\circ}\text{C}$	60 Menit	Suhu Waterbath $\pm 25^{\circ}\text{C}$
4	Pemeriksaan	Diuji Daktilitas Pada Suhu $25^{\circ}\text{C}$ , Kecepatan 5 Cm Per Menit	20 Menit	Suhu Alat $\pm 25^{\circ}\text{C}$

#### HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Hasil pengujian	Keterangan
1	Sampel 1	164 cm	Tidak putus
2	Sampel 2	164 cm	Tidak putus

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya  
H. Subarkah, M.T.



Peneliti  
  
Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195





#### Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Nyala & Titik Bakar Aspal

#### PEMERIKSAAN TITIK NYALA & BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.00
	Selesai	145 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	145 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.20
3	Diperiksa		
	Mulai	35 °C	12.20
	Selesai	345 °C	12.45

#### HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	332 °C	345 °C

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195



**Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal**

**PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL**

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

**PERSIAPAN PEMERIKSAAN**

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	09.00
	Selesai	130 °C	09.30
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130 °C	09.30
	Selesai	25 °C	11.00
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	11.00
	Selesai	25 °C	12.30

**HASIL PENGAMATAN**

No.	Benda Uji		Sket Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	62	62		
2	62	63		
3	64	62		
4	61	62		
5	62	63		
Rata2	62,2	62,4		

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



I. Subarkah, M.T.

Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195



## Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

### PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60 / 70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN


No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.10
	Selesai	50 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	50 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	12.50
	Selesai	25 °C	10.34

#### HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu yang diamati	Waktu Pemanasan (Detik)		Titik Lembek (°C)	
		Benda Uji 1	Benda uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	5 °C	333,15	333,15		
2	10 °C	292,51	292,51		
3	15 °C	182,13	182,13		
4	20 °C	170,41	170,41		
5	25 °C	113,9	113,9		
6	30 °C	148,57	148,57		
7	35 °C	146,27	146,27		
8	40 °C	149,45	149,45		
9	45 °C	134,26	134,26		
10	50 °C	125,65	125,65	48	48

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya  
  
Ir. Subarkah, M.T.



Peneliti  
  
Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195

## Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

### PEMERIKSAAN KELEKATAN AGREGAT TERHADAP ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70 dan Agregat ukuran (1/4") dan (3/8")  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2019

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb. Suhu	Pemb. Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	25 °C	12.10
	Selesai	150 °C	12.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150 °C	12.15
	Selesai	25 °C	12.50
3	Diperiksa		
	Mulai	25 °C	12.50
	Selesai	25 °C	10.34

#### HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	% Terselimuti Aspal	Keterangan
1	Benda Uji 1	97%	memenuhi
2	Benda Uji 2	98%	memenuhi
3	Rata-Rata	97,5%	memenuhi

Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya



Ic. Subarkah, M.T.

Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195




Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis *Filler* Clereng

PEMERIKSAAN BERAT *FILLER* CLERENG

Material : *Filler* Clereng  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2019

No.	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat Piknometer kosong (gr)	12,04	11,84
2	Berat Piknometer + Aquadest (gr)	29,24	29,22
3	Berat Aquadest (gr)	17,2	17,38
4	Berat Piknometer + <i>Filler</i> (gr)	13,09	13,24
5	Berat <i>Filler</i> (gr)	1,05	1,4
6	Berat Piknometer + <i>Filler</i> + Aquadest (gr)	29,88	30,07
7	Berat Aquadest (gr)	16,79	16,83
8	Volume <i>Filler</i> (gr)	0,41	0,55
9	Berat Jenis <i>Filler</i>	2,561	2,545
10	Rata-rata Berat Jenis <i>Filler</i>	2,553	

Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya  
  
Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti  
  
Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195




Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR

Material : Agregat Kasar  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2019

No	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	1603,18	1619,27	1611,23
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	996,91	1001,46	999,185
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1570,60	1591,42	1581,01
5	BeratJenis (Bulk) = $\frac{BK}{BJ-BA}$	2,591	2,576	2,583
6	BeratJenis (SSD) = $\frac{BJ}{BJ-BA}$	2,644	2,621	2,633
7	BeratJenis (Semu) = $\frac{BK}{BK-BA}$	2,738	2,698	2,718
8	Penyerapan Air = $\frac{BK}{BK-BA} \times 100\%$	2,074	1,750	1,912

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya  
  
Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti  
  
Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195





## Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus Pasir Pantai  
Sumber : Singkawang, Kalimantan Barat  
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500	500	500
2	Berat Piknometer + Air (B)	685,51	681,11	683,31
3	Berat Piknometer + Air + Benda Uji (BT)	988,28	984,35	986,32
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	493,43	491,98	492,71
5	Berat Jenis ( <i>Bulk</i> ) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,502	2,5	2,501
6	Berat Jenis ( <i>SSD</i> ) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,54	2,54	2,54
7	Berat Jenis ( <i>Semu</i> ) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,59	2,61	2,6
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	1,33	1,63	1,48

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195


## Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS

Material : Agregat Halus  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	500	500,05	500,03
2	Berat Piknometer + Air (B)	689,37	664,71	677,04
3	Berat Piknometer + Air + Benda Uji (BT)	996,71	974,04	985,38
4	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	488,21	488,83	488,52
5	Berat Jenis (Bulk) = $\frac{BK}{(B+500)-BT}$	2,53	2,56	2,55
6	Berat Jenis (SSD) = $\frac{500}{(B+500)-BT}$	2,59	2,62	2,61
7	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(B+BK)-BT}$	2,7	2,72	2,71
8	Penyerapan Air = $\frac{(500-BK)}{BK} \times 100\%$	2,42	2,29	2,35

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya  
  
Ir. Subarkah, M.T.

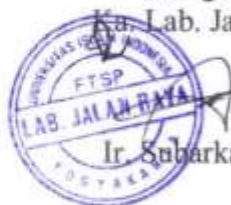
Peneliti  
  
Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195

Lampiran 12 Pemeriksaan Sand Equivalent

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Material : Agregat Halus  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 20 Mei 2019

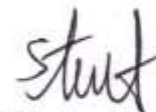
No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl <sub>2</sub> selama (± 10 menit)	Mulai	13,33	13,3
		Selesai	13,43	13,45
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl <sub>2</sub> )	Mulai	13,50	13,50
		Selesai	14	14,05
3	Clay Reading (Pembacaan Lumpur) Inchi		3,9	3,6
4	Sand Reading (Pembacaan Pasir)		3,6	3,3
5	Sand Equivalent = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100$		92,31%	91,67 %
6	Rata-rata Sand Equivalent (%)		91,98 %	



Mengetahui  
Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti



Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195

Lampiran 13 Pemeriksaan Sand Equivalent

PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT

Material : Agregat Halus Pasir Pantai  
Sumber : Singkawang, Kalimantan Barat  
Tanggal Uji : 2019

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
			1	2
1	Persiapan dan Perendaman Benda Uji Dalam Larutan CaCl <sub>2</sub> selama (± 10 menit)	Mulai	13,33	13,33
		Selesai	13,43	13,45
2	Waktu Pengendapan (Benda Uji setelah di gojok sebanyak 90x, dan ditambah larutan CaCl <sub>2</sub> )	Mulai	13,50	13,50
		Selesai	14	14,05
3	Clay Reading (Pembacaan Lumpur) Inchi		4,1	3,8
4	Sand Reading (Pembacaan Pasir)		3,5	3,3
5	Sand Equivalent = $\frac{\text{Sand reading}}{\text{Clay reading}} \times 100$		85,4%	86,8 %
6	Rata-rata Sand Equivalent (%)		86,104 %	

Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya



Subarkah, M.T.

Peneliti



Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195





### Lampiran 14 Pemeriksaan Keausan Agregat

#### PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (ABRASI TEST)

Material : Agregat Kasar  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2019

No.	Jenis Gradasi		Seragam (AC-BC)	
	Saringan		Benda Uji	
	Lolos	Tertahan	1	2
1	25,4 mm 1 "	19 mm 3/4 "	2500	2500
2	19 mm 3/4 "	12,5 mm 1/2 "	2500	2500
3	12,5 mm 1/2 "	9,5 mm 3/8 "		
4	Jumlah Benda Uji (A) (gr)		5000	4711
5	Jumlah Tertahan Di Sieve 12(B) (gr)		4711	3752
6	Keausan = $(A-B)/A \times 100\%$ (%)		5,78	20,36
7	Rata-rata Keausan (%)		13,07	



Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya

Subarkah, M.T.

Peneliti

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195

## Lampiran 15 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Panjang 0%

### PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR PANTAI PANJANG 0%

Tanggal Pengujian : 2019  
Type Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhani  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi (mm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	Demay	H	I	J	K	L (VMA (%))	M (VFA (%))	N (VTM (%))	O (Min)	P	Q (Kontrol)	R (Stabilitas (kg))	S (Flow (cm))	T (MO (kg/cm))
5A	64,52	5,26	5	1177,5	1189,8	662,91	528,89	2,215	2,442	10,923	80,5909	8,486	1,22,73	19,41	56,28	8,49	54	1352,10	0,97	1034,65	2,3	488,14
5B	67,30	5,26	5	1170,78	1183,29	657,23	526,07	2,276	2,442	10,877	80,2550	8,867	1,19,73	19,54	55,09	8,07	53	1330,77	0,92	1049,69	2,1	492,69
5C	65,88	5,26	5	1177,93	1191,78	663,39	528,39	2,259	2,442	10,806	80,2915	8,713	1,19,73	19,61	55,51	8,71	53	1216,11	0,95	1102,33	2,9	396,42
5,5A	66,38	5,82	5,5	1173,76	1184	661,79	523,21	2,248	2,424	12,008	80,6283	7,287	1,20,87	19,37	62,38	7,29	61	1301,45	0,94	1220,87	3,40	508,70
5,5B	66,28	5,82	5,5	1169,48	1180,51	657,44	533,07	2,236	2,424	12,020	80,2022	7,777	1,19,73	19,40	60,72	7,78	58	1237,45	0,94	1163,82	3,20	363,69
5,5C	67,01	5,82	5,5	1179,24	1190,16	664,63	535,43	2,344	2,424	12,064	80,403	7,443	1,19,73	19,51	61,84	7,44	56	1194,78	0,92	1100,38	3,00	367,29
6A	63,52	6,38	6	1166,36	1172,28	664,77	507,51	2,298	2,407	13,679	82,0045	4,516	1,24,42	18,00	74,90	4,52	63	1344,12	1,00	1389,27	2,80	395,10
6B	63,42	6,38	6	1173,25	1179,11	667,73	511,38	2,295	2,407	13,266	81,8856	4,655	1,24,42	18,11	74,30	4,63	63	1366,79	1,00	1410,12	2,70	496,27
6C	65,21	6,38	6	1169,97	1175,6	665,49	510,11	2,304	2,407	13,452	81,839	4,309	1,24,42	18,16	74,07	4,73	69	1472,13	0,96	1391,81	2,97	471,21
6,5A	63,91	6,95	6,5	1174,51	1179,68	669,63	510,05	2,303	2,390	14,623	81,2792	3,640	1,24,42	18,27	70,08	3,64	65	1386,79	0,99	1372,46	3,10	442,73
6,5B	62,69	6,95	6,5	1168,76	1174,21	665,55	508,96	2,296	2,390	14,991	81,2072	3,906	1,24,42	18,50	74,88	3,91	60	1280,12	1,02	1305,93	3,40	384,10
6,5C	66,09	6,95	6,5	1169,86	1175,11	665,26	509,85	2,295	2,390	14,579	81,4375	3,983	1,24,42	18,56	74,54	3,98	60	1450,80	0,94	1345,84	3,40	401,72
7A	64,97	7,53	7	1173,33	1177,34	670,13	507,17	2,314	2,373	15,836	81,6995	2,465	1,24,42	18,44	79,13	3,84	61	1301,45	0,96	1346,08	3,39	409,51
7B	63,87	7,53	7	1168,04	1172,55	667,33	505,02	2,313	2,373	15,826	81,6495	2,524	1,24,42	18,35	80,24	2,52	62	1322,79	0,99	1310,55	3,30	397,14
7C	63,29	7,53	7	1168,5	1173,88	667,31	506,37	2,307	2,373	15,784	81,4318	2,784	1,24,42	18,57	85,00	2,78	57	1216,11	1,01	1222,60	3,40	359,59
								2,311						18,41	85,04	2,96				1262,38	3,40	371,63

Mengetahui  
Dibuat oleh  
Lab. Jalan Raya

Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhani  
15511195





**LABORATORIUM  
JALAN RAYA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN**

**FAKULTAS** Teknik Sipil  
**TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN**  
 Gedung 118, 51064, Surakarta  
 Kampus Sepuluh Nopember Jalan Sribone  
 Jl. Babarsong No. 143, Yogyakarta 55154  
 T. (0271) 804444 ext. 1200, 1201  
 F. (0271) 895188  
 E. [lab.jalansipil@uns.ac.id](mailto:lab.jalansipil@uns.ac.id)  
 W. [lab.jalansipil@uns.ac.id](http://lab.jalansipil@uns.ac.id)

**Lampiran 16 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Panjang 25%**

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR PANTAI PANJANG 25%**

Tanggal Pengujian : 2019  
 Tipe Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course  
 Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhani  
 Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi (mm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	Density	H	I	J	K	VMA (%)	VFA (%)	M	N (%)	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT	AU	AV	AW	AX	AY	AZ	BA	BB	BC	BD	BE	BF	BG	BH	BI	BJ	BK	BL	BM	BN	BO	BP	BQ	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	CC	CD	CE	CF	CG	CH	CI	CJ	CK	CL	CM	CN	CO	CP	CQ	CR	CS	CT	CU	CV	CW	CX	CY	CZ	DA	DB	DC	DD	DE	DF	DG	DH	DI	DJ	DK	DL	DM	DN	DO	DP	DQ	DR	DS	DT	DU	DV	DW	DX	DY	DZ	EA	EB	EC	ED	EE	EF	EG	EH	EI	EJ	EK	EL	EM	EN	EO	EP	EQ	ER	ES	ET	EU	EV	EW	EX	EY	EZ	FA	FB	FC	FD	FE	FF	FG	FH	FI	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FQ	FR	FS	FT	FU	FV	FW	FX	FY	FZ	GA	GB	GC	GD	GE	GF	GG	GH	GI	GJ	GK	GL	GM	GN	GO	GP	GQ	GR	GS	GT	GU	GV	GW	GX	GY	GZ	HA	HB	HC	HD	HE	HF	HG	HH	HI	HJ	HK	HL	HM	HN	HO	HP	HQ	HR	HS	HT	HU	HV	HW	HX	HY	HZ	IA	IB	IC	ID	IE	IF	IG	IH	II	IJ	IK	IL	IM	IN	IO	IP	IQ	IR	IS	IT	IU	IV	IW	IX	IY	IZ	JA	JB	JC	JD	JE	JF	JG	JH	JI	JJ	JK	JL	JM	JN	JO	JP	JQ	JR	JS	JT	JU	JV	JW	JX	JY	JZ	KA	KB	KC	KD	KE	KF	KG	KH	KI	KJ	KK	KL	KM	KN	KO	KP	KQ	KR	KS	KT	KU	KV	KW	KX	KY	KZ	LA	LB	LC	LD	LE	LF	LG	LH	LI	LJ	LK	LL	LM	LN	LO	LP	LQ	LR	LS	LT	LU	LV	LW	LX	LY	LZ	MA	MB	MC	MD	ME	MF	MG	MH	MI	MJ	MK	ML	MM	MN	MO	MP	MQ	MR	MS	MT	MU	MV	MW	MX	MY	MZ	NA	NB	NC	ND	NE	NF	NG	NH	NI	NJ	NK	NL	NM	NO	NP	NQ	NR	NS	NT	NU	NV	NW	NX	NY	NZ	OA	OB	OC	OD	OE	OF	OG	OH	OI	OJ	OK	OL	OM	ON	OO	OP	OQ	OR	OS	OT	OU	OV	OW	OX	OY	OZ	PA	PB	PC	PD	PE	PF	PG	PH	PI	PJ	PK	PL	PM	PN	PO	PP	PQ	PR	PS	PT	PU	PV	PW	PX	PY	PZ	QA	QB	QC	QD	QE	QF	QG	QH	QI	QJ	QK	QL	QM	QN	QO	QP	QQ	QR	QS	QT	QU	QV	QW	QX	QY	QZ	RA	RB	RC	RD	RE	RF	RG	RH	RI	RJ	RK	RL	RM	RN	RO	RP	RQ	RR	RS	RT	RU	RV	RW	RX	RY	RZ	SA	SB	SC	SD	SE	SF	SG	SH	SI	SJ	SK	SL	SM	SN	SO	SP	SQ	SR	SS	ST	SU	SV	SW	SX	SY	SZ	TA	TB	TC	TD	TE	TF	TG	TH	TI	TJ	TK	TL	TM	TN	TO	TP	TQ	TR	TS	TT	TU	TV	TW	TX	TY	TZ	UA	UB	UC	UD	UE	UF	UG	UH	UI	UJ	UK	UL	UM	UN	UO	UP	UQ	UR	US	UT	UU	UV	UW	UX	UY	UZ	VA	VB	VC	VD	VE	VF	VG	VH	VI	VJ	VK	VL	VM	VN	VO	VP	VQ	VR	VS	VT	VU	VV	VW	VX	VY	VZ	WA	WB	WC	WD	WE	WF	WG	WH	WI	WJ	WK	WL	WM	WN	WO	WP	WQ	WR	WS	WT	WU	WV	WW	WX	WY	WZ	XA	XB	XC	XD	XE	XF	XG	XH	XI	XJ	XK	XL	XM	XN	XO	XP	XQ	XR	XS	XT	XU	XV	XW	XX	XY	XZ	YA	YB	YC	YD	YE	YF	YG	YH	YI	YJ	YK	YL	YM	YN	YO	YP	YQ	YR	YS	YT	YU	YV	YW	YX	YY	YZ	ZA	ZB	ZC	ZD	ZE	ZF	ZG	ZH	ZI	ZJ	ZK	ZL	ZM	ZN	ZO	ZP	ZQ	ZR	ZS	ZT	ZU	ZV	ZW	ZX	ZY	ZZ
5A	66,72	5,26	5	1187,9	1203,45	668,8	534,65	2,223	2,434	10,839	80,4248	8,716	19,34	55,48	8,72	64	1363,46	0,92	1261,67	2,60	483,02																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5B	66,20	5,26	5	1170,45	1182,47	652,67	529,5	2,209	2,434	10,708	79,9608	9,233	20,03	53,91	9,23	56	1194,78	0,89	1068,13	2,90	368,32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5C	66,40	5,26	5	1182,38	1197,92	661,22	536,7	2,203	2,434	10,968	79,1453	9,287	20,23	54,16	9,29	61	1301,63	0,89	1158,29	2,70	429,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5,5A	65,21	5,83	5,5	1178,62	1190,07	664,28	525,77	2,242	2,416	12,002	80,1172	7,231	19,28	62,50	7,23	60	1280,12	0,93	1163,09	2,73	417,48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5,5B	65,98	5,82	5,5	1181,62	1195,35	666,52	529,03	2,234	2,416	12,007	80,4281	7,303	19,57	61,36	7,56	55	1173,44	0,94	1101,23	2,80	406,90																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
5,5C	65,85	5,82	5,5	1176,85	1188,21	663,33	522,88	2,250	2,416	12,026	81,0119	6,890	18,99	63,71	6,89	61	1301,45	0,94	1224,58	2,80	417,35																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6A	65,00	6,38	6	1177,25	1184,07	670,77	513,32	2,203	2,399	12,451	82,1419	4,007	17,66	53,32	4,41	62	1322,79	0,97	1266,41	3,30	389,82																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6B	65,13	6,38	6	1175,81	1185,66	669,97	515,69	2,200	2,399	13,371	81,6644	4,903	18,34	22,93	4,06	65	1386,79	0,97	1344,15	3,00	448,65																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6C	64,30	6,38	6	1173,68	1181,33	668,85	512,48	2,200	2,399	13,437	82,0217	4,541	17,87	24,74	4,54	59	1258,78	0,99	1240,00	3,10	400,00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6,5A	63,01	6,95	6,5	1170,62	1174,81	667,76	507,05	2,209	2,282	14,609	82,3495	3,081	17,25	8,74	3,08	57	1216,11	1,00	1213,52	3,40	356,92																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6,5B	64,63	6,95	6,5	1181,59	1186,06	673,55	512,71	2,205	2,382	14,843	82,0373	3,253	17,00	81,82	3,25	63	1344,12	0,98	1318,48	3,10	425,64																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
6,5C	64,19	6,95	6,5	1172,26	1177,33	668,93	508,4	2,206	2,382	14,837	82,1665	3,203	17,85	82,68	3,20	59	1258,78	0,97	1256,39	3,50	350,40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7A	63,27	7,53	7	1172,35	1178,27	670,82	505,45	2,220	2,265	15,876	82,2179	1,906	17,78	80,38	1,91	60	1280,12	0,99	1270,64	3,43	377,68																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7B	63,24	7,53	7	1179,01	1182,26	674,16	506,1	2,226	2,265	15,878	82,2257	1,896	17,72	89,53	1,90	62	1322,79	0,99	1313,70	3,40	352,96																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
7C	63,58	7,53	7	1178,84	1182,83	673,21	509,62	2,213	2,265	15,824	81,9846	2,203	18,60	87,78	2,20	52	1109,43	1,01	1118,22	3,60	310,62																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
								2,318					17,86	88,80	2,09				1244,19	3,70	333,47																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											

Mengetahui  
 Kepala Lab. Jalan Raya



H. Subarkah, M.T.

Peneliti

*stud*

Sandy Pebrian Ramadhan  
 15511195





**LABORATORIUM  
JALAN RAYA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN**

**FAKULTAS**  
**TEKNIK SIPIL**  
**& PERENCANAAN**

Gedung 04, Lantai 3-5F  
Campus Depok Universitas Islam Indonesia  
J. Lembang No. 163 Yogyakarta 55181  
T. (0274) 200444 ext 2000, 2001  
F. (0274) 851330  
E. [depo@uii.ac.id](mailto:depo@uii.ac.id)  
W. [uii.ac.id](http://uii.ac.id)

## Lampiran 17 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Panjang 50%

### PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR PANTAI PASIR PANJANG 50%

Tanggal Pengujian : 2019  
 Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course  
 Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrrian Ramadhani  
 Diperiksa Oleh : Mirfahut Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampe	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Thick (mm)	(%)	(%)	(g/mm)	(g/mm)	(g/mm)	(g/mm)	Density	(g/mm)	(g/mm)	(g/mm)	(g/mm)	VMA (%)	VFWA (%)	VITS (%)	Mass	Porositas	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	
5A	65,99	5,26	5	1178	1193	665,53	527,44	2,233	2,426	10,916	81,151	7,933	18,85	57,91	7,93	1088,10	0,94	1026,35	2,80	366,55
5B	66,71	5,26	5	1175,9	1191,6	662,05	529,5	2,221	2,426	10,854	80,689	8,457	19,31	56,21	8,46	1066,76	0,93	991,91	2,70	367,38
5C	65,86	5,26	5	1177,3	1192,7	664,41	528,25	2,229	2,426	10,893	80,979	8,128	19,02	57,27	8,13	1194,78	0,95	1130,03	3,00	376,68
5,5A	65,59	5,82	5,5	1167	1176,7	655,31	521,22	2,239	2,409	12,038	80,924	7,039	19,08	63,10	7,04	1109,43	0,95	1054,86	2,80	376,74
5,5B	67,00	5,82	5,5	1169,5	1182,4	660,16	522,28	2,239	2,409	12,038	80,928	7,033	19,07	63,12	7,03	1216,11	0,92	1121,96	3,10	361,92
5,5C	65,60	5,82	5,5	1170,1	1182,8	662,36	520,44	2,248	2,409	12,089	81,261	6,651	18,74	64,51	6,65	1173,44	0,95	1115,50	3,10	359,84
6A	65,82	6,38	6	1170,7	1178,5	665,15	513,3	2,281	2,391	13,376	81,093	4,630	18,01	74,29	4,63	1322,76	0,95	1251,94	3,40	368,22
6B	66,46	6,38	6	1174,7	1182,3	669,02	513,28	2,289	2,391	13,423	82,291	4,206	17,72	75,76	4,30	1237,45	0,93	1156,47	2,80	413,03
6C	65,16	6,38	6	1172,7	1179,3	668,11	511,23	2,294	2,391	13,453	82,467	4,080	17,53	76,73	4,08	1258,78	0,96	1207,09	3,10	389,26
6,5A	63,57	6,95	6,5	1169,9	1173,5	665,32	508,22	2,302	2,374	14,626	82,315	3,059	17,68	82,70	3,06	1237,45	1,00	1235,38	3,30	374,36
6,5B	64,97	6,95	6,5	1155,7	1160,5	657,58	502,92	2,298	2,374	14,660	82,173	3,226	17,83	81,90	3,23	1301,45	0,96	1253,73	3,40	379,92
6,5C	64,57	6,95	6,5	1165,4	1172,7	664,87	507,83	2,295	2,374	14,582	82,068	3,350	17,93	81,32	3,35	1237,45	0,97	1204,34	3,10	388,50
7A	63,47	7,53	7	1158	1161,9	660,14	501,71	2,308	2,358	15,904	82,068	2,108	17,90	85,23	3,21	1216,11	1,00	1231,15	3,23	380,93
7B	63,50	7,53	7	1159,3	1163,7	661,57	502,1	2,309	2,358	15,908	82,153	2,079	17,98	84,57	3,08	1169,43	1,00	1109,43	3,80	291,96
7C	63,94	7,53	7	1158,3	1162,6	659,53	503,07	2,303	2,358	15,955	81,898	2,347	18,10	87,04	2,35	1045,43	0,99	1034,02	3,80	272,11
								<b>2,306</b>					<b>17,96</b>	<b>87,88</b>	<b>2,18</b>			<b>1120,16</b>	<b>3,70</b>	<b>303,93</b>

Mengetahui  
 Lab. Jalan Raya



Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrrian Ramadhani  
 15511195



## Lampiran 18 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Pasir Panjang 75%

### PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR PANTAI PASIR PANJANG 75%

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrrian Ramadhani  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	H (gram)	I (gram)	J (gram)	K (gram)	L (VMA, %)	M (VFA, %)	N (VTS, %)	O (Mass)	P (Koritas)	Q (Stabilitas (kg))	R (Flow (mm))	S (M3 (Kapur))	T (M3 (Kapur))	
																					VMA, (%)
5A	66,57	5,26	5	1174,4	1192,7	660,03	532,71	2,204	2,418	10,775	80,4	8,925	19,60	54,97	8,83	51	1088,10	0,93	1014,58	3,10	327,29
5B	66,40	5,26	5	1166,3	1181	651,4	529,6	2,202	2,418	10,763	80,314	8,922	19,69	54,68	8,92	53	1130,77	0,94	1057,98	3,00	352,66
5C	66,41	5,26	5	1175,4	1191,1	658,12	532,98	2,204	2,418	10,779	80,433	8,788	19,57	55,09	8,79	49	1045,43	0,94	1016,83	2,97	343,07
5,5A	65,98	5,82	5,5	1164,1	1176,2	656,91	519,3	2,242	2,401	12,652	81,325	6,623	18,61	64,53	6,62	51	1088,10	0,94	1026,69	2,90	354,03
5,5B	66,39	5,82	5,5	1167,6	1181,2	658,95	522,34	2,236	2,401	12,020	81,108	6,872	18,80	63,62	6,87	53	1130,77	0,94	1058,26	3,00	352,75
5,5C	65,81	5,82	5,5	1165,4	1180,7	656,93	523,74	2,225	2,401	11,963	80,729	7,308	19,27	62,08	7,31	49	1045,43	0,95	989,69	3,00	329,90
6A	66,25	6,38	6	1164,8	1169,8	661,99	507,81	2,294	2,384	13,453	82,776	3,771	17,22	78,11	3,77	57	1216,11	0,94	1141,32	2,90	393,56
6B	64,48	6,38	6	1167,5	1173,2	664,35	508,83	2,295	2,384	13,458	82,804	3,739	17,20	78,26	3,74	53	1130,77	0,98	1102,97	3,00	367,66
6C	63,20	6,38	6	1175,7	1181,2	667,83	513,34	2,290	2,384	13,433	82,649	3,918	17,35	77,42	3,92	55	1173,44	1,01	1182,24	3,20	369,45
6,5A	63,00	6,95	6,5	1161	1166,4	660,19	506,22	2,293	2,367	14,572	82,321	3,107	17,68	82,43	3,11	53	1130,77	1,01	1144,90	3,20	357,78
6,5B	64,08	6,95	6,5	1166,5	1171,9	664,84	507,07	2,301	2,367	14,617	82,578	2,805	17,42	83,90	2,81	57	1216,11	0,99	1198,48	3,30	363,17
6,5C	64,52	6,95	6,5	1168,3	1172,8	664,72	508,07	2,299	2,367	14,610	82,539	2,851	17,46	83,67	2,85	52	1109,43	0,97	1081,24	3,50	308,92
7A	62,37	7,53	7	1160,1	1164,2	661,17	503,05	2,306	2,350	15,780	82,338	1,882	17,66	89,35	1,88	49	1045,43	1,03	1075,05	3,80	282,91
7B	64,71	7,53	7	1160,4	1164	660,12	503,9	2,303	2,350	15,757	82,217	2,026	17,78	88,61	2,03	49	1045,43	0,97	1013,89	3,70	274,02
7C	64,24	7,53	7	1164,2	1168,3	662,31	506,02	2,301	2,350	15,743	82,145	2,112	17,86	88,17	2,11	49	1045,43	0,98	1026,18	3,70	277,34
								2,303											1038,37	3,73	278,09

Mengetahui  
Sandy Pebrrian Ramadhani



Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrrian Ramadhani  
15511195



## Lampiran 19 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Pasir Pantai Panjang 100%

### PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI PASIR PANTAI PASIR PANJANG 100%

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramudhan  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi (mm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G. Density	H	I	J	K	L YMA (%)	M (% VEWA)	N (% VTM)	O Mean	P Koreksi	Q	R	S	T
5A	67,91	5,26	5	1166,2	1180	653,03	526,98	2,213	2,410	10,816	81,017	8,167	18,98	56,98	8,17	53	1130,77	0,90	1017,50	2,5	407,00
5B	66,44	5,26	5	1168,7	1180,9	657,16	523,72	2,231	2,410	10,907	81,092	7,401	18,31	59,57	7,40	46	981,42	0,93	917,57	2,8	327,70
5C	65,82	5,26	5	1168,3	1181,1	656,28	524,83	2,226	2,410	10,880	81,494	7,626	18,51	58,70	7,63	49	1045,43	0,95	989,56	2,7	366,50
								2,234					18,60	58,45	7,73				974,88	2,67	367,07
5,5A	65,33	5,82	5,5	1162,6	1176,8	659,28	517,49	2,247	2,393	12,079	81,814	6,108	18,19	66,42	6,11	49	1045,43	0,96	999,10	3	333,03
5,5B	63,33	5,82	5,5	1162,6	1172,9	659,66	513,19	2,265	2,393	12,370	82,486	5,324	17,50	69,58	5,32	45	960,09	1,00	964,09	3,1	311,00
5,5C	64,77	5,82	5,5	1164,9	1174,6	658,52	516,07	2,257	2,393	12,136	82,202	5,662	17,80	68,19	5,66	50	1066,76	0,97	1032,89	2,9	356,17
								2,256					17,83	68,46	5,70				998,69	3,00	333,40
6A	64,61	6,38	6	1172,8	1178,3	667,21	511,1	2,295	2,376	13,458	83,118	3,424	16,88	79,72	3,42	52	1109,43	0,97	1078,74	2,9	371,98
6B	66,15	6,38	6	1167,3	1173,7	663,81	509,85	2,289	2,376	13,426	82,932	3,640	17,07	78,67	3,64	55	1173,44	0,94	1103,47	3,3	334,39
6C	64,82	6,38	6	1168	1173,7	662,56	511,15	2,285	2,376	13,402	82,772	3,826	17,23	77,79	3,83	51	1088,10	0,97	1052,28	3,1	339,45
								2,280					17,06	78,73	3,63				1078,17	3,10	348,60
6,5A	62,49	6,95	6,5	1157,1	1161,3	659,23	502,02	2,305	2,359	14,645	83,047	2,308	16,95	86,38	2,31	50	1066,76	1,03	1093,70	3,5	312,49
6,5B	64,38	6,95	6,5	1163,5	1167,5	662,74	504,77	2,305	2,359	14,646	83,053	2,301	16,95	86,42	2,30	55	1173,44	0,98	1147,62	3,3	347,76
6,5C	63,20	6,95	6,5	1159,8	1166,2	661,81	504,4	2,299	2,359	14,810	82,869	2,541	17,15	85,19	2,54	52	1109,43	1,01	1117,66	3,3	338,69
								2,303					17,02	86,00	2,38				1119,60	3,37	332,98
7A	62,67	7,53	7	1164,2	1167,8	663,74	504,02	2,310	2,343	15,808	82,777	1,418	17,22	91,77	1,42	48	1034,09	1,02	1045,26	3,6	290,35
7B	63,37	7,53	7	1159,7	1163	661,44	501,51	2,312	2,343	15,833	82,87	1,307	17,13	92,97	1,31	45	960,09	1,00	963,29	3,7	260,35
7C	64,11	7,53	7	1166,5	1170,2	664,38	505,78	2,306	2,343	15,781	82,657	1,561	17,34	91,00	1,56	48	1034,09	0,98	1008,56	3,6	280,16
								2,310					17,23	91,71	1,43				1095,70	3,63	276,95

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195



**LABORATORIUM  
JALAN RAYA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS**  
Teknik Sipil  
& PERENCANAAN

Gedung ES, 1506, Surab.  
Campus Sebelas Maret, Surab.  
J. Sekeloa No. 143, Ngaglik, Sukoharjo 55182  
T. (0271) 854444 ext 3300, 3301  
F. (0271) 851330  
E. dibana@hsip-sts.ac.id  
W. hsip-sts.ac.id

## Lampiran 20 Hasil Pengaruh Substitusi Agregat Halus Pasir Pantai Pasir Panjang Pada Pengujian Marshall KAO

### PENGUJIAN MARSHALL DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhan  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi (mm)	A (%)	B (%)	C (mm)	D (mm)	E (mm)	F (mm)	G (mm)	H	I	J	K	L VMA (%)	M VFA (%)	N VTM (%)	O Mass	P	Q Koreksi Stabilitas (kN/Energi)	R	S MO (Kecompakan)	T
0-A	65,26	6,76	6,33	1179,66	1185,04	670,73	514,31	2,294	2,396	14,193	81,556	4,252	18,44	76,95	4,25	68	1450,80	0,96	1388,51	2,90	478,79
0-B	66,57	6,76	6,33	1178,51	1185,54	670,32	515,22	2,287	2,396	14,154	81,532	4,514	18,67	75,82	4,51	67	1429,46	0,93	1332,89	3,30	403,90
0-C	65,32	6,76	6,33	1180,1	1186,11	672,05	514,06	2,296	2,386	14,203	81,626	4,170	18,37	77,21	4,17	62	1322,79	0,96	1264,34	3,10	407,85
								2,292					18,20	76,69	4,31				1328,58	3,10	441,35
25-A	64,80	6,72	6,3	1177,46	1182,29	668,95	513,34	2,294	2,389	14,126	81,891	3,983	18,11	78,00	3,98	64	1305,46	0,97	1321,19	3,30	400,36
25-B	63,59	6,72	6,3	1179,8	1184,62	670,31	514,31	2,294	2,389	14,127	81,899	3,974	18,10	78,05	3,97	58	1237,45	1,00	1234,66	3,10	398,28
25-C	64,94	6,72	6,3	1173,78	1178,26	666,27	511,99	2,293	2,389	14,119	81,85	4,031	18,15	77,79	4,03	62	1322,79	0,96	1275,06	2,90	439,67
								2,293					18,12	77,95	4,00				1276,97	3,10	412,77
50-A	64,73	6,64	6,225	1170,23	1175,39	665,21	510,18	2,294	2,364	13,958	82,267	3,775	17,73	78,71	3,78	54	1152,10	0,97	1116,58	2,90	385,03
50-B	64,70	6,64	6,225	1173,78	1177,08	666,18	511,80	2,293	2,384	13,956	82,255	3,789	17,74	78,65	3,79	59	1258,78	0,97	1221,12	3,40	359,15
50-C	65,64	6,64	6,225	1176,18	1181,03	667,73	513,30	2,291	2,364	13,943	82,183	3,874	17,82	78,26	3,87	63	1344,12	0,95	1276,66	3,20	398,96
								2,293					17,76	78,54	3,81				1248,89	3,17	391,99
75-A	63,95	6,55	6,15	1170,2	1176,52	666,21	510,31	2,293	2,379	13,786	82,62	3,594	17,38	79,32	3,59	51	1088,10	0,99	1075,77	3,20	336,18
75-B	62,73	6,55	6,15	1172,17	1177,24	667,17	510,07	2,290	2,379	13,815	82,798	3,386	17,20	80,31	3,29	56	1194,78	1,02	1217,87	3,40	358,20
75-C	63,61	6,55	6,15	1173,58	1177,81	665,41	512,40	2,290	2,379	13,769	82,521	3,710	17,48	78,77	3,71	54	1152,10	1,00	1149,03	3,00	383,01
								2,294					17,35	79,47	3,56				1147,56	3,20	359,13
100-A	63,95	6,38	6	1172	1176,89	665,98	510,91	2,294	2,376	13,454	83,095	3,451	16,91	79,59	3,45	50	1066,76	0,99	1054,67	3,40	310,20
100-B	62,72	6,38	6	1177,35	1182,08	667,91	514,17	2,290	2,276	13,400	82,945	3,625	17,06	78,74	3,63	50	1066,76	1,02	1087,48	3,20	339,84
100-C	63,95	6,38	6	1177,92	1182,53	669,69	512,84	2,297	2,376	13,471	83,2	3,329	16,80	80,19	3,33	53	1130,77	0,99	1117,95	3,10	360,63
								2,294					16,92	79,51	3,47				1086,70	3,23	350,23

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195





**LABORATORIUM  
JALAN RAYA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN**

**FAKULTAS** Teknik Sipil, Kapal  
Kampus Terpadu (Depok) Jalan Jend.  
S. Kalisung Km 14,5 Yogyakarta 55584  
T. (0274) 896444 ext. 2100, 2101  
F. (0274) 895130  
E. [labcivil@iainid.ac.id](mailto:labcivil@iainid.ac.id)  
W. [iainid.ac.id](http://iainid.ac.id)

## Lampiran 21 Hasil Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Pasir Panjang Pada Pengujian Index of Retained Strength 24 Jam KAO

### PENGUJIAN INDEX OF RETAINED STRENGTH DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019  
Diperoleh Oleh : Sandy Pebrrian Ramadhani  
Diperikan Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Type Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Sampel	Tinggi (mm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	H (gram)	I (gram)	J (gram)	K (gram)	L (mm)	M (mm)	N (%)	O (mm)	P (mm)	Q (kg)	R (mm)	S (mm)	T (mm)
0-A	65,26	6,76	6,33	1179,66	1185,04	670,73	514,31	2,294	2,396	14,193	81,556	4,252	18,44	76,95	4,25	68	1450,80	0,96	1388,51	2,90	478,79
0-B	66,57	6,76	6,33	1178,51	1185,54	670,32	515,22	2,287	2,396	14,154	81,332	4,514	18,67	75,82	4,51	67	1429,46	0,93	1332,89	3,30	403,90
0-C	65,32	6,76	6,33	1180,11	1186,11	672,05	514,06	2,296	2,396	14,205	81,626	4,170	18,37	77,31	4,17	62	1322,79	0,96	1264,34	3,10	407,85
25-A	64,80	6,72	6,3	1177,46	1182,29	668,95	513,34	2,294	2,389	14,126	81,891	3,983	18,11	78,00	3,98	64	1365,46	0,97	1321,19	3,30	400,36
25-B	63,59	6,72	6,3	1179,8	1184,62	670,31	514,31	2,294	2,389	14,127	81,899	3,974	18,10	78,05	3,97	58	1237,45	1,00	1234,66	3,10	398,28
25-C	64,94	6,72	6,3	1173,78	1178,26	666,27	511,99	2,293	2,389	14,119	81,85	4,031	18,15	77,79	4,03	62	1322,79	0,96	1275,06	2,90	439,67
50-A	64,73	6,64	6,225	1170,23	1175,39	665,21	510,18	2,294	2,384	13,988	82,267	3,775	17,73	78,71	3,78	54	1152,10	0,97	1116,58	2,90	385,03
50-B	64,70	6,64	6,225	1173,78	1177,98	666,18	511,80	2,293	2,384	13,936	82,255	3,789	17,74	78,65	3,79	59	1258,78	0,97	1221,12	3,40	359,15
50-C	65,64	6,64	6,225	1176,18	1181,03	667,73	513,30	2,291	2,384	13,943	82,183	3,874	17,82	78,26	3,87	63	1344,12	0,95	1276,66	3,20	398,96
75-A	63,95	6,55	6,15	1170,2	1176,52	666,21	510,31	2,293	2,379	13,786	83,62	3,594	17,38	79,32	3,59	51	1088,10	0,99	1075,77	3,20	336,18
75-B	62,73	6,55	6,15	1172,17	1177,24	667,17	510,07	2,298	2,379	13,815	82,798	3,386	17,20	80,31	3,39	56	1194,78	1,02	1217,87	3,40	358,20
75-C	63,61	6,55	6,15	1173,58	1177,81	665,41	512,40	2,290	2,379	13,769	82,521	3,710	17,48	78,77	3,71	54	1152,10	1,00	1149,03	3,00	383,01
100-A	63,95	6,38	6	1172	1176,89	665,98	510,91	2,294	2,376	13,454	83,095	3,451	16,91	79,59	3,45	50	1066,76	0,99	1054,67	3,40	310,20
100-B	62,72	6,38	6	1177,35	1182,08	667,91	514,17	2,290	2,376	13,430	82,945	3,625	17,06	78,74	3,63	50	1066,76	1,02	1087,48	3,20	339,84
100-C	63,95	6,38	6	1177,92	1182,53	669,69	512,84	2,297	2,376	13,471	83,2	3,329	16,80	80,19	3,33	53	1130,77	0,99	1117,95	3,10	360,63
								2,294					16,92	79,51	3,47		1086,70		1086,70	3,23	350,23

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya



Suberkah, M.T.

Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrrian Ramadhani  
15511195





LABORATORIUM  
JALAN RAYA  
JURUSAN TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN

FAKULTAS  
TEKNIK SIPIL  
& PERENCANAAN

Jl. Sekeloa Tengah I, Surakarta 57126  
Telp. (0271) 853344 ext 3200, 3201  
F. (0271) 853338  
E. dlmaz@hsip.usm.ac.id  
W. hsip.usm.ac.id

Lampiran 22 Hasil Pengaruh Agregat Halus Pasir Pantai Pasir Panjang Pada Pengujian *Index of Retained Strength* 48 Jam  
KAO

PENGUJIAN INDEX OF RETAINED STRENGTH 48 JAM DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019  
Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhani  
Type Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Sampel	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	H (gram)	I (gram)	J (gram)	K (gram)	L (gram)	M (gram)	N (%)	O (gram)	P (gram)	Q (gram)	R (gram)	S (gram)	T (gram)
0-1	64,87	6,76	6,33	1178,68	1184,5	668,9	515,55	2,286	2,396	14,147	81,292	4,561	18,71	75,62	4,56	82	1192,55	0,96	1150,06	5,50	209,10
0-2	65,98	6,76	6,33	1181,29	1187,2	671,73	515,45	2,292	2,396	14,181	81,488	4,332	18,51	76,60	4,33	80	1163,46	0,94	1097,65	5,10	215,23
25-1	65,11	6,72	6,3	1172,77	1178,4	665,83	512,52	2,289	2,388	14,092	81,749	4,159	18,25	77,21	4,16	80	1163,46	0,96	1116,63	5,10	218,95
25-2	65,41	6,72	6,3	1174,84	1180,2	667,91	512,32	2,293	2,388	14,122	81,925	3,953	18,07	78,13	3,95	75	1090,74	0,95	1040,77	5,80	179,44
50-1	64,76	6,64	6,225	1163,96	1168,1	660,89	507,22	2,295	2,381	13,904	82,412	3,625	17,59	79,39	3,62	73	1061,66	0,97	1028,13	4,90	209,82
50-2	65,90	6,64	6,225	1176,64	1181,7	667,96	513,76	2,290	2,381	13,926	82,249	3,815	17,75	78,51	3,81	77	1119,83	0,94	1058,17	5,60	188,96
75-1	67,27	6,55	6,15	1163,59	1168	659,84	508,15	2,290	2,375	13,766	82,665	3,569	17,33	79,41	3,57	73	1061,66	0,91	961,60	5,20	184,92
75-2	65,47	6,55	6,15	1169,97	1174,9	665,19	509,74	2,295	2,375	13,798	82,859	3,343	17,14	80,50	3,34	67	974,40	0,96	936,07	5,00	187,21
100-1	64,81	6,38	6	1162,66	1167,2	660,56	506,62	2,295	2,371	13,460	83,349	3,191	16,65	80,84	3,19	59	858,05	0,97	829,88	5,90	140,66
100-2	63,22	6,38	6	1167,71	1173,2	663,92	509,3	2,293	2,371	13,447	83,271	3,282	16,73	80,38	3,28	66	959,85	1,01	966,49	5,30	182,36
								2,294		16,69	80,61	3,24							898,19	5,60	161,51



Mengetahui  
Lab. Jalan Raya  
Sandy Pebrian Ramadhani  
15511195

Peneliti

## Lampiran 23 Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO

### PENGUJIAN INDIRECT TENSILE STRENGTH DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhani  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Substansi Pagar Pemasok (%)	KAO (%)	Sampel	Diameter (cm)		Tebal (mm)			Tebal Rata-rata			Sedilitas		AO	TTS (kg/cm <sup>2</sup> )
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
0	6,33	1	10	63,58	63,49	63,21	63,47	6,343	0,962	56	1113,571	1071,070	0,159	26,769
		2	10	62,93	62,63	63,01	62,857	6,286	0,976	54	1073,801	1048,119	0,159	26,433
		3	10	64,02	64,22	63,91	64,050	6,405	0,986	52	1034,030	1019,812	0,159	25,240
25	6,3	1	10	64,16	64,38	64,33	64,323	6,432	0,979	53	1053,916	1032,223	0,159	25,438
		2	10	64,09	64,17	63,65	63,970	6,397	0,988	49	974,375	962,926	0,159	23,862
		3	10	63,83	63,61	64,02	63,870	6,382	0,992	51	1014,145	1006,032	0,159	24,988
50	6,225	1	10	63,46	63,28	63,55	63,430	6,343	0,962	50	994,260	956,230	0,159	23,897
		2	10	65,08	65,25	65,19	65,173	6,517	0,959	47	934,604	895,935	0,159	21,792
		3	10	63,78	64,11	63,92	63,937	6,394	0,989	48	954,490	944,070	0,159	23,407
75	6,125	1	10	64,41	64,34	64,22	64,323	6,432	0,979	43	855,064	837,464	0,159	20,639
		2	10	64,48	64,31	64,27	64,453	6,445	0,976	44	874,949	854,096	0,159	21,006
		3	10	65,29	64,94	65,18	65,137	6,514	0,959	42	835,178	801,197	0,159	19,498
100	6	1	10	64,54	64,44	64,09	64,557	6,456	0,974	41	815,293	793,756	0,159	19,491
		2	10	66,16	66,45	66,18	66,263	6,626	0,931	39	775,523	721,947	0,159	17,271
		3	10	63,18	63,09	63,24	63,170	6,317	0,996	43	855,064	851,804	0,159	21,375
												789,169	19,379	

Mengetahui  
Ket. Lab. Jalan Raya



Subarkah, M.T.

Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhani  
15511195

## Lampiran 24 Pengujian *Cantabro* dari Hasil KAO

### PENGUJIAN *CANTABRO* DARI HASIL KAO

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : Asphalt Concrete - Binder Course

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhan  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Substitusi Pasir Pantai (%)	Sampel	Berat Benda Uji (gram)		Berat Sebelum Di Abrasi (Mo-Mi) (gram)	Kehilangan Berat (%)	Rata-rata Kehilangan Berat (%)
		Mo	Mi			
0	1	1177,87	1153,26	24,61	2,0894	2,0955
	2	1178,28	1150,78	27,5	2,3339	
	3	1181,23	1159,22	22,01	1,8633	
25	1	1174,65	1148,27	26,38	2,2458	2,6370
	2	1175,21	1143,72	31,49	2,6795	
	3	1172,53	1142,11	30,42	2,5944	
50	1	1178,93	1145,07	33,86	2,8721	2,7838
	2	1173,06	1141,44	31,62	2,6955	
	3	1173,79	1147,21	26,58	2,2645	
75	1	1166,32	1125,07	41,25	3,5368	3,6735
	2	1161,07	1116,83	44,24	3,8103	
	3	1170,77	1134,53	36,24	3,0954	
100	1	1171,88	1124,88	47	4,0106	3,9828
	2	1160,1	1119,474	40,626	3,5019	
	3	1169,18	1122,94	46,24	3,9549	

Penceliti



Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195

Mengetahui  
Lab. Jalan Raya







### Lampiran 25 Pengujian Durabilitas 24 Jam

#### PENGUJIAN DURABILITAS 24 JAM

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : AC-BC

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhan  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Substitusi Pasir Pantai (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	0,5	100	0,317
	24	92,54	
25	0,5	100	0,377
	24	91,14	
50	0,5	100	0,398
	24	90,64	
75	0,5	100	0,404
	24	90,51	
100	0,5	100	0,427
	24	89,96	

Substitusi Pasir Pantai (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
0	0,5	100	7,771	24,5	3,805	96,195
	24	92,23				
25	0,5	100	8,86	24,5	4,337	95,663
	24	91,14				
50	0,5	100	9,36	24,5	4,582	95,418
	24	90,64				
75	0,5	100	9,49	24,5	4,646	95,354
	24	90,51				
100	0,5	100	10,04	24,5	4,918	95,082
	24	89,96				

Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195



Lampiran 26 Pengujian Durabilitas 48 Jam

PENGUJIAN DURABILITAS 48 JAM

Tanggal Pengujian : 2019  
Tipe Campuran : AC-BC

Dikerjakan Oleh : Sandy Pebrian Ramadhan  
Diperiksa Oleh : Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D

Substitusi Pasir Pantai (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Nilai IDP (%)
0	24	92,54	0,649
	48	84,59	
25	24	91,14	0,655
	48	84,47	
50	24	90,64	0,695
	48	83,53	
75	24	90,51	0,730
	48	82,68	
100	24	89,96	0,732
	48	82,65	

Substitusi Pasir Pantai (%)	Immersion (Jam)	Nilai IKS (%)	Penurunan (%)	Waktu (Jam)	IDK (%)	Sa (%)
0	0,5	100,00	15,41	48,5	7,624	92,376
	48	84,59				
25	0,5	100,00	15,53	48,5	7,682	92,318
	48	84,47				
50	0,5	100,00	16,47	48,5	8,151	91,849
	48	83,53				
75	0,5	100,00	17,32	48,5	8,568	91,432
	48	82,68				
100	0,5	100,00	17,35	48,5	8,583	91,417
	48	82,65				

Mengetahui  
Ka. Lab. Jalan Raya



Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

*Sandy*

Sandy Pebrian Ramadhan  
15511195