

## **TUGAS AKHIR**

**PERBANDINGAN KINERJA *ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)* MENGGUNAKAN BATU PECAH CLERENG DAN BATU GRANIT TULUNGAGUNG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR, AGREGAT HALUS CLERENG DAN PASIR CEPU ASPAL PERTAMINA 60/70  
(*THE COMPARASION PERFORMANCE OF ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) USING STONE CRUSH FROM CLERENG AND GRANITE FROM TULUNGAGUNG, FINE AGGREGATE CLERENG AND CEPU SAND WITH PERTAMINA PEN 60/70 ASPHALT*)**

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



**JESSICA MEILANI SETYANINGRUM**

**16511207**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
2022**

## TUGAS AKHIR

**PERBANDINGAN KINERJA *ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC)* MENGGUNAKAN BATU PECAH CLERENG DAN BATU GRANIT TULUNGAGUNG SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR, AGREGAT HALUS CLERENG DAN PASIR CEPU ASPAL PERTAMINA 60/70  
(*THE COMPARASION PERFORMANCE OF ASPHALT CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) USING STONE CRUSH FROM CLERENG AND GRANITE TULUNGAGUNG, FINE AGGREGATE CLERENG AND CEPU SAND WITH PERTAMINA PEN 60/70 ASPHALT*)**

Disusun Oleh

**Jessica Meilani Setyaningrum**  
**16511207**

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

Diuji Pada Tanggal  
19 April 2022

Oleh Dewan Penguji:

**Pembimbing**



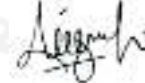
**Subarkah, Ir., M.T.**  
**NIP: 865110101**

**Penguji I**



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

**Penguji II**



**Aisyah Nur Jannah S.T., M.Sc.**  
**NIP: 205111301**

Mengesahkan  
Ketua Program Studi Teknik Sipil



**Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.**  
**NIP: 885110101**

## PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk menyelesaikan program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, April 2022

Yang membuat pernyataan,

The image shows a handwritten signature in black ink over a circular official stamp. The stamp is yellow and black, with the name 'JESSICA MEILANI SETYANINGRUM' and the number '16511207' visible. The background of the stamp features a stylized floral or geometric pattern.

Jessica Meilani Setyaningrum

(16511207)

## DEDIKASI



***Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh***

*Alhamdulillah* rabbil'alam, puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT atas rahmat dan karunianya, sehingga penulis diberikan kemudahan dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Sarwono, Ibu Lely Murtiyani yang telah memberi *support* agar terselesaikannya Tugas Akhir ini.
2. Bapak/Ibu dosen Teknik Sipil UII yang telah memberikan banyak ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
3. Teman-teman yang selalu memberi *support*, memotivasi agar Tugas Akhir ini segera terselesaikan dan membantu menyelesaikan masalah bersama.



## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT sehingga berkat rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Perbandingan Kinerja *Ashpalt Concrete Binder Course (AC-BC)* Menggunakan Batu Pecah Clereng dan Batu Granit Asal Tulungagung Sebagai Pengganti Agregat Kasar, Agregat Halus Clereng dan Pasir Cepu Aspal Pertamina 60/70. Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat akademik yang harus diselesaikan pada studi tingkat strata satu di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini terdapat beberapa hambatan yang dihadapi penulis. Namun berkat dorongan semangat dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini dapat diselesaikan. Berkaitan dengan hal tersebut, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih sepenuh hati kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia,
2. Bapak Subarkah, Ir., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah membimbing dan memberi banyak ilmu berupa saran, kritik, dan diskusi yang membangun selama penyusunan Tugas Akhir ini,
3. Ibu Miftahul Fauziah, S.T., M.T., Ph.D dan Ibu Aisyah Nur Jannah, S.T., M.Sc. selaku dosen-dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis.

Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis maupun bagi pembaca pada umumnya.

Yogyakarta, April 2022

Penulis,



Jessica Meilani Setyaningrum

(16511207)

## DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR	i
TUGAS AKHIR	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN	xix
ABSTRAK	xxi
ABSTRACT	xxii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Terdahulu	5
2.1.1 <i>Filler</i> Granit dan <i>Filler</i> Keramik Pada Campuran AC-WC	5
2.1.2 Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar	6
2.1.3 Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pengganti	6
2.1.4 Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Perkerasan	7
2.1.5 Batu Bara Muda Pada Campuran AC-BC	7
2.1.6 Pasir Panjang Sebagai Agregat Halus Pengganti	8
2.1.7 Serbuk Ban Karet Sebagai Agregat Halus Pengganti	8
2.1.8 Limbah Batu Granit Pada AC-L	9

2.2 Perbandingan Penelitian	9
BAB III LANDASAN TEORI	14
3.1 Perkerasan Jalan	14
3.2 Fungsi Perkerasan	14
3.3 Jenis Perkerasan	15
3.3.1 Perkerasan Kaku ( <i>Rigid Pavement</i> )	15
3.3.2 Perkerasan Lentur ( <i>Flexible Pavement</i> )	15
3.4 Campuran <i>Asphalt Concrete – Binder Course</i> (AC-BC)	16
3.5 Material Konstruksi Perkerasan	17
3.5.1 Aspal	17
3.5.2 Agregat	18
3.5.3 Batu Granit	21
3.5.4 Pasir Cepu	23
3.6 Perencanaan Kadar Aspal	24
3.7 Pengujian <i>Marshall</i>	24
3.8 Pengujian <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	26
3.9 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	27
3.10 Pengujian <i>Cantabro</i>	27
BAB IV METODE PENELITIAN	29
4.1 Jenis Penelitian	29
4.2 Bahan Penelitian	29
4.3 .Alat Penelitian	29
4.4 Proses Penelitian	30
4.5 Sampel	33
4.6 Pemeriksaan Agregat	33
4.6.1 Pemeriksaan Abrasi (Keausan) Agregat Menggunakan Mesin <i>Los Angeles</i>	33
4.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar	33
4.6.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus	34
4.6.4 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	34
4.6.5 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	34

4.6.6 Pemeriksaan Analisa Saringan	34
4.7 Pengujian Aspal	34
4.7.1 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar	34
4.7.2 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	34
4.7.3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	35
4.7.4 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam CCL <sub>4</sub>	35
4.7.5 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	35
4.7.6 Pemeriksaan Daktilitas	35
4.8 Prosedur Pelaksanaan	36
4.8.1 Pembuatan Campuran	36
4.8.2 Pembuatan Benda Uji	60
4.8.2.1 <i>Marshall Test</i>	60
4.8.2.2 <i>Index Retained Strenght</i>	60
4.8.2.3 <i>Indirect Tensile Strenght</i>	61
4.8.2.4 Pengujian <i>Cantabro</i>	61
4.9 Analisis	61
BAB V HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	62
5.1 Tinjauan Karakteristik	62
5.1.1 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal	62
5.1.2 Tinjauan Karakteristik Agregat Kasar	63
5.1.3 Tinjauan Karakteristik Agregat Halus	64
5.1.4 Karakteristik Bahan Pengisi ( <i>Filler</i> )	65
5.2 Hasil Pengujian	65
5.2.1 Hasil Pengujian Material	65
5.2.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat	66
5.2.3 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> Pada Campuran <i>Asphalt Concrete</i> <i>Binder Course (AC-BC)</i> Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	67
5.3 Pembahasan	71
5.3.1 Hasil Tinjauan Karakteristik <i>Marshall</i> untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum	71



5.3.2	Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal Optimum	83
5.3.3	Pengujian Campuran AC-BC Pada KAO Menggunakan Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Sebagai Substitusi Pengganti	87
5.3.4	Karakteristik Pengujian Marshall pada KAO dengan Batu Granit dan Pasir Cepu Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Agregat Halus Pengganti	90
5.3.5	<i>Index of Retained Strength</i>	99
5.3.6	Pengujian <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	101
5.3.7	Pengujian <i>Cantabro</i>	102
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		104
6.1	Kesimpulan	104
6.2	Saran	105
DAFTAR PUSTAKA		107



## DAFTAR TABEL

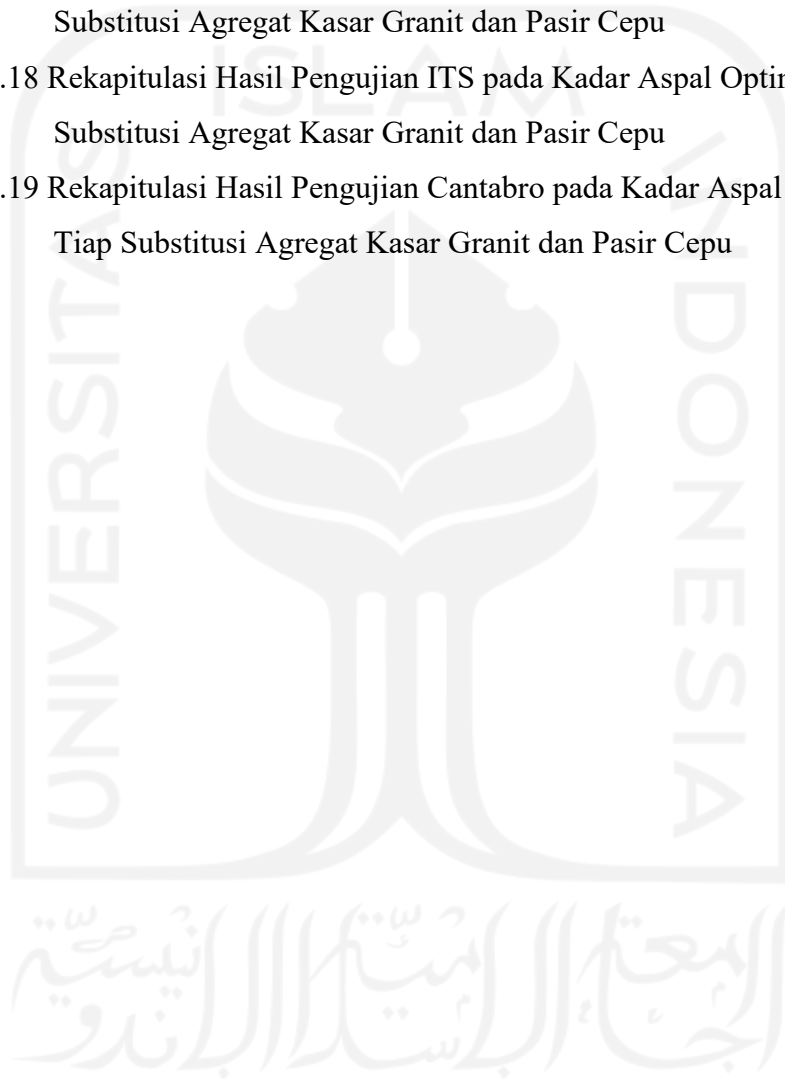
Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu	10
Tabel 3.1 Ketentuan Sifat – Sifat Campuran Laston (AC)	17
Tabel 3.2 Ketentuan Untuk Aspal Keras Pen 60/70	18
Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Kasar	19
Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus	20
Tabel 3.5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	21
Tabel 4.1 Rincian Campuran Jumlah Benda Uji Tiap Kadar Aspal	36
Tabel 4.2 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%	37
Tabel 4.3 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%	37
Tabel 4.4 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%	38
Tabel 4.5 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%	38
Tabel 4.6 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%	39
Tabel 4.7 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%	39
Tabel 4.8 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%	40
Tabel 4.9 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%	40
Tabel 4.10 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%	41
Tabel 4.11 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%	41

Tabel 4.12 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%	41
Tabel 4.13 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%	42
Tabel 4.14 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%	42
Tabel 4.15 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%	43
Tabel 4.16 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%	43
Tabel 4.17 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%	44
Tabel 4.18 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%	44
Tabel 4.19 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%	45
Tabel 4.20 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%	45
Tabel 4.21 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%	46
Tabel 4.22 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%	46
Tabel 4.23 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%	47
Tabel 4.24 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%	47
Tabel 4.25 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%	48
Tabel 4.26 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%	48
Tabel 4.27 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir	

Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%	49
Tabel 4.28 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%	49
Tabel 4.29 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%	50
Tabel 4.30 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%	50
Tabel 4.31 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%	51
Tabel 4.32 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%	51
Tabel 4.33 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%	52
Tabel 4.34 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%	52
Tabel 4.35 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%	53
Tabel 4.36 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%	54
Tabel 4.37 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%	54
Tabel 4.38 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 7%	55
Tabel 4.39 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 7%	55
Tabel 4.40 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 7%	56
Tabel 4.41 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 7%	56
Tabel 4.42 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 7%	57

Tabel 4.43 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 7%	57
Tabel 4.44 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 7%	58
Tabel 4.45 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 7%	58
Tabel 4.46 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 7%	59
Tabel 4.47 Rincian Campuran Jumlah Benda Uji Setelah KAO	59
Tabel 5.1 Hasil Pengujian Aspal Pertamina Pen 60/70	66
Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar	66
Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus	66
Tabel 5.4 Hasil Pengujian Filler Clereng	67
Tabel 5.5 Hasil Pengujian Marshall	68
Tabel 5.6 Jumlah Sampel Pengujian Berdasarkan Nilai KAO Tiap Campuran	82
Tabel 5.7 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6,188%	83
Tabel 5.8 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,240%	83
Tabel 5.9 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,313%	84
Tabel 5.10 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6,038%	84
Tabel 5.11 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,140%	85
Tabel 5.12 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,225%	85
Tabel 5.13 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6%	86
Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,078%	86

Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,125%	87
Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu	88
Tabel 5.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian IRS pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu	88
Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu	89
Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian Cantabro pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu	90



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 4.1	Bagan Alir Proses Penelitian.	31
Gambar 5.1	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substisusi Agregat Kasar 0% dan Pasir Cepu 0% .	78
Gambar 5.2	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 0% dan Pasir Cepu 50%.	78
Gambar 5.3	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 0% dan Pasir Cepu 100%	79
Gambar 5.4	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 50% dan Pasir Cepu 0%	79
Gambar 5.5	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 50% dan Pasir Cepu 50%	80
Gambar 5.6	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 50% dan Pasir Cepu 100%	80
Gambar 5.7	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 100% dan Pasir Cepu 0%	81
Gambar 5.8	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 100% dan Pasir Cepu 50%	81
Gambar 5.9	Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 100% dan Pasir Cepu 100%	82
Gambar 5.10	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas	71
Gambar 5.11	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>Flow</i>	72
Gambar 5.12	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>Marshall Quotient</i>	73
Gambar 5.13	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>VITM</i>	74
Gambar 5.14	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>VFWA</i>	75
Gambar 5.15	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>VMA</i>	76
Gambar 5.16	Grafik Hubungan Kadar Aspal dan <i>Density</i>	77

Gambar 5.17	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai Stabilitas	91
Gambar 5.18	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Flow</i>	92
Gambar 5.19	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Marshall Quotient (MQ)</i>	93
Gambar 5.20	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Void In The Total Mix (VITM)</i>	94
Gambar 5.21	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Void Filled With Asphalt (VFWA)</i>	96
Gambar 5.22	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Void Mineral Agregate (VMA)</i>	97
Gambar 5.23	Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Density</i> (Kepadatan)	98
Gambar 5.24	Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai <i>Index of Retained Strength (IRS)</i>	100
Gambar 5.25	Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Terhadap <i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>	101
Gambar 5.26	Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Terhadap <i>Cantabro</i>	102



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal	102
Lampiran 2 Pemeriksaan Kelarutan Aspal Dalam CCL4/TCE	103
Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas	105
Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal	106
Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal	107
Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal	108
Lampiran 7 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal	110
Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis <i>Filler</i> Clereng	111
Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	112
Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar	113
Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	114
Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus	115
Lampiran 13 Pemeriksaan <i>Sand Equivalent</i>	116
Lampiran 14 Pemeriksaan Keausan Agregat	118
Lampiran 15 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 0%	119
Lampiran 16 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 50%	120
Lampiran 17 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 100%	121
Lampiran 18 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 0%	122
Lampiran 19 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 50%	123
Lampiran 20 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 100%	124

Lampiran 21 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 0%	125
Lampiran 22 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 50%	126
Lampiran 23 Pengujian <i>Marshall</i> dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 100%	127
Lampiran 24 Hasil Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu	128
Lampiran 25 Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Pada Pengujian <i>Index of Retained Strength</i> 24 Jam	130
Lampiran 26 Pengujian <i>Indirect Tensile Strength</i> dari Hasil KAO	132
Lampiran 27 Pengujian <i>Cantabro</i> dari Hasil KAO	134



## DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN

### Notasi:

- a = Persentase aspal terhadap batuan (%)
- b = Persentase aspal terhadap campuran (%)
- c = Berat kering sebelum di rendam
- d = Berat kering permukaan jenuh (SSD)
- e = Berat di dalam air
- f = Volume benda uji
- g = Berat isi sampel
- h = Berat jenis maksimum campuran
- i = Persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal
- j = Hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal dikali berat isi dibagi berat jenis agregat (%)
- k = Jumlah kandungan rongga
- l = Rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)
- m = Rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)
- Mi1 = Berat benda uji sebelum di abrasi (gram)
- Mi2 = Berat benda uji setelah di abrasi (gram)
- n = Rongga dalam campuran (*VITM*) (%)
- o = Pembacaan arloji stabilitas
- p = Nilai pembacaan arloji stabilitas dikali kalibrasi *proving ring*
- Pmaks = beban maksimal (kg)
- r = Stabilitas
- s = Kelelehan plasis (*flow*)
- S1 = Stabilitas sebelum perendaman
- S2 = Stabilitas setelah direndam 24 jam

### Singkatan:

AASHTO	= <i>American Association Of State Highway and Transporting Official</i>
AC-BC	= <i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>
ASTM	= <i>American Standard Testing and Material</i>
FA	= <i>Fine Agregate</i>
IRS	= <i>Index of Retained Strength</i>
ITS	= <i>Indirect Tensile Strength</i>
KAO	= <i>Kadar Aspal Optimum</i>
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
SNI	= <i>Standar Nasional Indonesia</i>
SSD	= <i>Saturated Surface Dry</i>
VITM	= <i>Void in The Mix</i>
VFWA	= <i>Void Filled With Asphalt</i>
VMA	= <i>Void Mineral Agregate</i>



## ABSTRAK

Indonesia terus mengalami peningkatan jumlah penduduk yang mengakibatkan bertambahnya jumlah kendaraan. Dari hal tersebut dibutuhkan kekuatan dan keawetan perkerasan jalan raya yang baik agar perkerasan jalan tersebut tidak rusak sebelum waktu layanan. Batu granit memiliki pori yang kecil dan lebih kuat dibandingkan bebatuan lainnya dan pasir Cepu adalah pasir dari alam yang belum diketahui tingkat keefektifitasannya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk mengetahui dari 9 macam variasi substitusi batu granit dan pasir Cepu yang manakah yang paling efektif pada campuran *Asphalt Concrete Binder Course*.

Penelitian ini dilakukan beberapa tahap, pertama yaitu pengujian material, kedua menentukan kadar aspal optimum tiap variasi substitusi campuran dengan batu granit dan pasir Cepu, ketiga pengujian *Marshall*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*, serta pengujian ini memicu persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018. Variasi campuran yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 9 macam variasi campuran yang masing-masing campuran terdiri dari batu granit 0%, dan pasir Cepu (0%, 50%, 100%), batu granit 50%, dan pasir Cepu (0%, 50%, 100%), dan batu granit 100%, dan pasir Cepu (0%, 50%, 100%).

Berdasarkan hasil penelitian, hasil pengujian *Marshall* menunjukkan bahwa penggunaan campuran yang paling baik yaitu pada campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% dengan nilai *Stabilitas* = 1346,94 kg, *Flow* = 3,16 mm, *MQ* = 426,79 kg/mm, *VITM* = 3,15%, *VFWA* = 80,71%, *VMA* = 16,30%, *Density* = 2,278%. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan AC-BC semakin meningkat seiring bertambahnya campuran batu granit. Nilai *Index of Retained Strength (IRS)* menunjukkan bahwa campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% memiliki nilai *IRS* tertinggi = 98,28%, hal ini menunjukkan bahwa semakin besar campuran batu granit, semakin tinggi durabilitas campurannya. Nilai *Indirect Tensile Strength* menunjukkan bahwa campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% memiliki nilai tertinggi sebesar 31,49 kg/cm<sup>2</sup> dan nilai campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% pada pengujian *Cantabro Loss* sebesar 3,67%. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan bahwa campuran yang menggunakan batu granit dapat menambah kekuatan campuran dibandingkan campuran pasir Cepu.

**Kata-kata Kunci:** AC-BC, agregat kasar batu granit, pasir Cepu

## **ABSTRACT**

*Indonesia's population has grown, resulting in an increase in the number of vehicles. As a result, the strength and durability of a great highway pavement are required in order to avoid the pavement from being readily destroyed before its service time ends. Coarse aggregate granit has small pores and has higher strength than the other stones, and the Cepu sand are easy to find in Blora, Central Java. The goals of this research is to know the effectiveness of coarse aggregate granit and Cepu sand work as fine aggregate substitutes for Asphalt Concrete-Binder Course.*

*This research consists some stages, first is material properties test, the second is to determine the optimum asphlat level for each substitusi variants, those variants are coarse aggregate granit, and Cepu sand and this research based on Bina Marga 2018. This research is using 9 kind of mix variants and each variants are granit stone 0%, and Cepu sand (0%, 50%, 100%), granit stone 50%, and Cepu sand (0%, 50%, 100%), granit stone 100%, and Cepu sand (0%, 50%, 100%),*

*Based on the reasult, Marshall test is shown that the best mixture is coarse aggregate granit 100% and Cepu sand 0% for Stability = 1346,94 kg, Flow = 3,16 mm, MQ = 426,79 kg/mm, VITM = 3,15%, VFWA = 80,71%, VMA = 16,30%, Density = 2,278%. The reasult shown that the ability AC-BC more increase along with increase substitusions of coarse aggregate granit. Index of Retained Strength (IRS) shown the mixture of coarse aggregate granit 100% and Cepu sand 0% has shown the highest value = 98,28%, the value of ITS shown that the mixture of coarse aggregate granit has highest value = 31,49 kg/cm<sup>2</sup>, and Cantabro loss has the lowest value in coarse aggregate granit 100% and Cepu sand 0% = 3,67%. Based on this reasult, the best mixture to use is granit as coarse aggregate and fine Clereng because granit can make the mixture stronger than the Cepu sand.*

**Keywords:** AC-BC, coarse aggregate granit, Cepu sand

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia termasuk negara terpadat ke 4 di dunia dengan jumlah penduduk 267 juta jiwa. Kepadatan tersebut mempengaruhi transportasi yang digunakan baik di darat, udara, maupun di laut. Untuk menunjang kelancaran transportasi darat salah satu prasarana yang dibutuhkan adalah jalan raya. Kelancaran arus lalu lintas kendaraan dipengaruhi oleh kondisi jalan yang baik, sehingga perlu adanya lapis perkerasan struktur jalan dan pemeliharaan yang baik agar terciptanya perkerasan jalan yang aman, dan nyaman untuk dilintasi.

Semakin bertambahnya jumlah penduduk di Indonesia dapat mempengaruhi peningkatan jumlah kendaraan, sehingga kekuatan dan keawetan perkerasan jalan raya akan berkurang apabila tidak diimbangi dengan penggunaan material dan teknik pelaksanaan yang baik. Kerusakan konstruksi jalan umumnya dilihat dari lapis pemukaannya, campuran perkerasan jalan yang baik mampu memberikan daya tahan terhadap pengaruh buruk akibat dari perubahan air, temperatur, dan faktor alam lainnya. Material yang digunakan untuk konstruksi jalan terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal sebagai bahan pengikat.

Perkerasan jalan di Indonesia kerap sekali mengalami kerusakan sebelum waktu layanan, hal ini disebabkan oleh tingginya jumlah kendaraan yang melintasi jalan tersebut, kurangnya tingkat kepadatan lapisan jalan, ataupun *interlocking* antar campuran yang kurang baik. Agregat yang mempunyai pori-pori relatif besar dapat diganti dengan batu granit, karena batu granit memiliki pori yang relatif kecil, daya serap terhadap air yang rendah, dan lebih kuat dibandingkan bebatuan Clereng ataupun batu kali. Pori yang relatif kecil dan tingkat kekuatan yang dimiliki batu granit dapat membantu memperkuat struktur perkerasan jalan, dan pasir Cepu yang berada di Blora, Jawa Tengah pasir Cepu memiliki nilai *sand equivalent* yang tinggi yang mana terdapat kadar pasir yang

tinggi sehingga dilakukan penelitian untuk menjadi pembandingan antara agregat buatan dengan agregat alami.

Aspal yang digunakan pada penelitian ini ialah aspal pertamina penetrasi AC 60/70. Aspal dengan penetrasi rendah digunakan di daerah bercuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal dengan penetrasi tinggi digunakan di daerah yang bercuaca dingin ataupun lalu lintas dengan volume rendah. Di Indonesia biasanya menggunakan aspal dengan penetrasi 60/70.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana pengaruh campuran *Ashpalt Concrete-Binder Course* dengan substitusi batu granit asal Tulungagung sebagai agregat kasar pengganti dan pasir Cepu sebagai agregat halus pengganti dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 terhadap nilai *Marshall*, Kekuatan Tarik (*ITS*) dan *Cantabro*?
2. Berapakah nilai presentasi aspal optimum antara campuran *Ashpalt Concrete-Binder Course* dengan substitusi batu granit asal Tulungagung sebagai agregat kasar pengganti dan pasir Cepu sebagai agregat halus pengganti dengan variasi kadar aspal yang berbeda?
3. Variasi campuran manakah yang paling efisien untuk digunakan pada perkerasan jalan?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas, tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Membandingkan pengaruh campuran *Ashpalt Concrete-Binder Course* dengan substitusi batu granit asal Tulungagung, dan pasir Cepu dengan menggunakan bahan ikat aspal pertamina pen 60/70 terhadap Nilai *Marshall*, Kekuatan Tarik (*ITS*) dan *Cantabro*.



2. Membandingkan nilai presentase aspal optimum pada campuran *Ashpalt Concrete-Binder Course* dengan substitusi batu granit asal Tulungagung sebagai agregat kasar pengganti dan pasir Cepu sebagai agregat halus pengganti dengan variasi kadar aspal yang berbeda-beda.
3. Mencari tau pada variasi campuran manakah yang paling baik digunakan untuk perkerasan jalan raya.

#### 1.4 Batasan Penelitian

Agar penelitian ini tidak menyimpang dari tujuannya, maka harus dilakukan pembatasan-pembatasan sebagai berikut.

1. Campuran yang digunakan pada penelitian ini yaitu campuran *Asphalt Concrete – Binder Course* yang mengacu pada Spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018.
2. Agregat kasar yang digunakan yaitu batu pecah Clereng dan batu granit Tulungagung.
3. Agregat halus yang digunakan berasal dari agregat halus Clereng, dan pasir Cepu.
4. Jenis aspal yang digunakan AC 60/70 produksi pertamina dengan variasi kadar aspal adalah 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap berat total campuran.
5. Penelitian ini hanya berdasarkan dari hasil *Marshall*, ITS (*Indirect Tensile Strength*) dan *Cantabro*.
6. Penelitian ini tidak menguji reaksi kimia yang terkandung di dalam material sample uji.
7. Perencanaan batu granit pada campuran beton aspal dalam penelitian ini bertujuan untuk melayani tingkat kepadatan lalu lintas berat, dengan jumlah tumbukan 2x75.

#### 1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan akan memberi beberapa manfaat sebagai berikut.

1. Diharapkan terdapat solusi untuk meningkatkan kualitas struktur perkerasan jalan di Indonesia.
2. Dapat mengurangi kerusakan jalan bila didapatkan hasil struktur perkerasan yang maksimal.
3. Memberikan inovasi kepada wilayah lain sehingga dapat dijadikan referensi guna meningkatkan kualitas struktur perkerasan jalan di Indonesia.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian sejenis mengenai agregat pengganti pada lapis perkerasan sebelumnya telah dilakukan, hal tersebut memberikan referensi penelitian bagi peneliti. Penelitian ini terdapat 8 studi terdahulu yang diambil sebagai pertimbangan dalam penelitian yang dilakukan. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya, antara lain sebagai berikut.

##### 2.1.1 Menggunakan *Filler* Granit dan *Filler* Keramik Pada Campuran *AC-WC*

Fasdarsyah (2014), menyatakan penelitian terdiri dari 30 buah benda uji dengan variasi campuran *filler* keramik dan *filler* granit sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, dan 25%. Material yang digunakan pada perkerasan yaitu agregat, aspal, dan *filler*. Penelitian ini menggunakan *filler* berupa abu batu, abu granit dan abu keramik sebagai pembandingnya. Berat jenis yang diperoleh ialah berat jenis *filler* keramik = 2,573 dan *filler* granit = 2,585. Nilai kadar aspal tengah yang digunakan pada campuran *filler* abu keramik dan abu granit adalah  $p_b = 5,5\%$ . Dari hasil penelitian diperoleh nilai kepadatan dan nilai stabilitas *marshall* abu granit lebih tinggi dari pada campuran abu keramik, nilai *flow* campuran dengan *filler* abu keramik = 6,63 mm lebih tinggi dari pada campuran *filler* abu granit = 4,87 mm, nilai terendah *marshall quotient* untuk *filler* abu keramik terjadi pada kadar aspal tertinggi (25%) yaitu sebesar 396 kg/mm dan *filler* abu granit pada kadar aspal (5%) sebesar 452 kg/mm. Nilai VFA *filler* abu granit lebih tinggi daripada abu keramik, tetapi nilai VMA lebih rendah. Sedangkan nilai rongga udara dalam campuran (VIM), *filler* abu keramik lebih tinggi dari pada abu granit. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh *filler* keramik dan *filler* batu granit terhadap stabilitas yang tinggi namun tetap mempertahankan kelenturan.

### 2.1.2 Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar

Amal (2015) menyatakan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui manfaat limbah batu marmer terhadap karakteristik Marshall dalam campuran LASTON sebagai pengganti agregat kasar dan untuk mengetahui proporsi limbah batu marmer optimum. Proporsi campuran limbah batu marmer sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%. Diperoleh kesimpulan bahwa penggunaan campuran limbah marmer dapat meningkatkan karakteristik *Marshall* dengan diperoleh nilai campuran terbaik pada limbah batu marmer optimum sebesar 17,5% dan campuran laston berupa nilai stabilitas 1050 kg, *Marshall Quotient* 2,5 KN/mm, *Volume Air Void* 4,5%, dan *film thickness* 8,8 mm.

### 2.1.3 Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pengganti

Yasra (2014) menyatakan tujuan penelitian ini ialah untuk mengetahui kinerja limbah beton sebagai agregat kasar pengganti dengan agregat batuan agar dapat digunakan sebagai bahan perkerasan jalan dengan membandingkan hasil pengujian Marshall pada benda uji dengan spesifikasi campuran AC-BC (*Asphalt Concrete – Binder Course*). Agregat yang digunakan yaitu agregat lolos saringan 3/4" dan tertahan saringan 3/8", dari hasil penelitian diperoleh nilai abrasi 31,25%, variasi kadar limbah beton 0%, 70%, dan 100% dengan diperoleh nilai KAO 6%, 6,7% dan 7,8%. Berdasarkan hasil penelitian, variasi campuran limbah beton 0% memiliki nilai stabilitas = 1800 kg, dan MQ = 559 kg/mm tertinggi, pada variasi campuran limbah beton 70% memiliki nilai RMS = 96,96% tertinggi, dan variasi campuran 100% memiliki nilai *flow* = 3,6 mm tertinggi. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa limbah beton variasi campuran 70% dan 100% dapat digunakan sebagai agregat kasar pengganti untuk agregat lolos saringan 3/4" dan tertahan saringan 1/2" serta yang lolos saringan 1/2" tertahan saringan 3/8" nilai volumetrik, *Marshall*, dan RMS memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada Spesifikasi Umum 2010 Revisi (1) Bina Marga.

#### 2.1.4 Menggunakan Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Perkerasan

Alkam (2017) menyatakan, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar agregat alami yang dapat menghasilkan kinerja campuran aspal beton optimum dan untuk mengetahui pengaruh variasi kadar agregat alami terhadap kinerja campuran aspal. Material yang digunakan pada pengujian ini terdiri dari batu pecah, agregat alami, atau kombinasi dari keduanya. Variasi kadar agregat alami yang digunakan yaitu 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%. Pengujian penelitian ini berupa uji *Marshall*, dan diperoleh hasil nilai KAO 6%. Berdasarkan penelitian ini penambahan agregat alami dari 10%-50% mampu menghasilkan kinerja campuran aspal beton optimum.

#### 2.1.5 Batu Bara Muda Pada Campuran AC-BC

Ayat (2012) menyatakan tujuan penelitian ini ialah agar dapat mengetahui manfaat batu bara muda untuk perkerasan jalan pada campuran AC-BC. Berdasarkan uji *Marshall* diperoleh kualitas aspal campuran batu bara muda masih memenuhi standar yang diisyaratkan Departemen Pekerjaan Umum Indonesia, akan tetapi kualitas campuran aspal dengan batu granit lebih baik dibandingkan dengan campuran batu bara muda. Nilai VFWA pada kadar aspal optimum 6,4% menggunakan batu bara muda lebih besar dibandingkan dengan batu pecah ( $72\% > 71\%$ ), nilai yang disyaratkan Bina Marga 2000 ialah minimal 65%. Nilai VITM pada kadar aspal optimum 6,4% menggunakan batu bara muda lebih tinggi dibandingkan menggunakan campuran batu pecah ( $5,6\% > 5,1\%$ ), nilai yang disyaratkan Bina Marga 2000 ialah 4%-6%. Nilai stabilitas campuran batu bara muda lebih besar dibandingkan campuran batu pecah yaitu sebesar  $1420 \text{ kg} > 1280 \text{ kg}$ , nilai yang disyaratkan Bina Marga 2000 ialah minimal 900 kg. Nilai *flow* campuran batu bara muda 3,2 mm, dan batu pecah sebesar 3,4 mm dengan nilai yang disyaratkan Bina Marga 2000 ialah minimal 2 mm, dan nilai *marshall quotient* untuk campuran batu bara muda sebesar 443,7 kg/mm sedangkan campuran batu pecah 376,5 kg/mm.

#### 2.1.6 Pasir Panjang Sebagai Agregat Halus Pengganti

Ramadhan (2015) menyatakan, tujuan dari penelitian ini ialah untuk mengetahui apakah pasir pantai Pasir Panjang layak digunakan sebagai pengganti agregat pada campuran perkerasan dan untuk mencari pengaruh terhadap karakteristik *Marshall*. Variasi campuran pasir pantai Pasir Panjang ialah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% digunakan sebagai agregat halus pengganti untuk campuran AC-BC. Berdasarkan hasil penelitian, campuran pasir pantai 0%, 25%, 50%, dan 75% dapat digunakan sebagai agregat halus pengganti dikarenakan telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2010. Hasil uji Marshall menunjukkan semakin banyak campuran pasir pantai nilai stabilitas semakin menurun akan tetapi nilai *flow* semakin naik, nilai *MQ* semakin menurun, nilai *VITM* semakin menurun, nilai *VFWA* semakin naik, nilai *VMA* semakin turun dan nilai *density* semakin naik. Semakin bertambahnya campuran pasir pantai mengakibatkan nilai *Indirect Tensile Strength* semakin menurun, nilai Cantabro mengalami kenaikan seiring bertambahnya substitusi pasir pantai, seiring bertambahnya pasir pantai di dalam campuran membuat nilai IRS semakin menurun, substitusi campuran pasir pantai 100% ialah 89,96% sehingga tidak memenuhi standar spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu minimal 90%. Hal ini menunjukkan durabilitas campuran semakin menurun seiring dengan bertambahnya substitusi pantai.

#### 2.1.7 Serbuk Ban Karet Sebagai Agregat Halus Pengganti

Aditama (2015) menyatakan pengujian yang digunakan pada penelitian ini berupa uji *Marshall*, *ITS*, *Cantabro* dan *IRS*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh serbuk ban karet sebagai substitusi agregat halus terhadap karakteristik campuran AC-WC. Variasi proporsi campuran ban karet yaitu 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%, dan penelitian ini menggunakan serbuk ban karet sebagai agregat halus pengganti no.16, dan diperoleh hasil bahwa substitusi ban karet maksimal yang dapat digunakan pada campuran AC-WC yaitu 95,04%. Hasil uji Marshall menunjukkan nilai stabilitas, *MQ*, *VITM*, *VMA* mengalami penurunan, nilai *flow* dan *VFWA* mengalami

kenaikan. Semakin bertambahnya proporsi ban karet nilai IRS mengalami penurunan, nilai IRS pada campuran ban karet 100% tidak memenuhi standar spesifikasi Bina Marga (2010) yaitu minimal 90%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa durabilitas campuran semakin berkurang seiring dengan bertambahnya proporsi serbuk ban karet. Nilai *ITS* mengalami penurunan seiring bertambahnya proporsi serbuk ban karet, dan nilai *Cantabro* mengalami kenaikan seiring bertambahnya serbuk ban karet.

#### 2.1.8 Limbah Batu Granit Pada AC-L

Ridwan (2018) menyatakan batu granit merupakan bebatuan yang kuat dan memiliki tingkat kepadatan yang relatif tinggi. Berdasarkan hasil uji *Marshall*, penggunaan limbah batu granit sebagai agregat kasar pengganti dengan variasi agregat kasar batu granit sebesar 10%, 20%, dan 30% diketahui dapat mempengaruhi kualitas campuran terhadap karakteristik *marshall*. Capuran terbaik berada pada campuran batu granit 20% dengan nilai stabilitas 1050,67kg, *flow* 4mm dan *marshall quotient* 262,67kg/mm.

## 2.2 Perbandingan Penelitian

Berdasarkan tinjauan pustaka dari beberapa penelitian dan Tugas Akhir terdahulu, adapun perbedaan penelitian terdahulu dengan penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Tabel 2.1 berikut.

**Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu**

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu			
		Fasdarsyah (2014)	Amal (2015)	Yasra (2014)	Alkam (2017)
1	Judul	Pengaruh Penambahan <i>Filler</i> Granit dan Keramik Pada Campuran LASTON AC-WC Berdasarkan Karakteristik <i>Marshall</i>	Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik <i>Marshall</i>	Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)	Pemanfaatan Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton
2	Jenis Campuran	AC-WC	Aspal Beton	AC-BC	AC-WC
3	Metode	Variasi campuran filler granit dan filler kramik 5%, 10%, 15%, 20% dan 25%	Proporsi campuran limbah batu marmer sebesar 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, dan 35%.	Variasi kadar limbah beton 0%, 70%, dan 100%	Variasi kadar agregat alami 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, dan 100%
4	Hasil Penelitian	Semakin banyak campuran <i>filler</i> keramik dan <i>filler</i> granit dalam campuran AC-WC maka nilai density turun dan nilai VFMA naik	Semakin bertambahnya campuran limbah keramik, nilai VIM naik tetapi nilai VMA dan VFB menurun	Limbah beton variasi campuran 70% dan 100% dapat digunakan sebagai agregat kasar pengganti untuk agregat lolos saringan 3/4" dan tertahan 1/2" dan yang lolos saringan 1/2" tertahan saringan 3/8"	Nilai stabilitas turun, flow naik, nilai VIM naik, nilai VMA naik, nilai FVA turun dan nilai density naik seiring dengan bertambahnya persentase kadar agregat alami



--	--	--	--	--

Lanjutan Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu			
		Ayat (2012)	Ramadhan (2015)	Aditama (2015)	Ridwan (2018)
1	Judul	Analisis Penggunaan Batu Bara Muda Sebagai Pengganti Batu Granit Untuk Perkerasan Jalan Pada Campuran Aspal AC-BC	Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik AC-BC	Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran <i>Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)</i>	Pemanfaatan Limbah Batu Granit Sebagai Campuran Agregat Pada AC-L
2	Jenis Campuran	AC-BC	AC-BC	AC-WC	AC-L
3	Metode	Variasi kadar aspal pada campuran batu bara muda dan batu granit 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%	Variasi campuran pasir pantai Pasir Panjang 0%, 25%, 50% dan 75%	Variasi proporsi campuran serbuk ban karet 0%, 25%, 50%, 75% dan 100%	Variasi agregat kasar batu granit 10%, 20%, dan 30%

4	Hasil Penelitian	<p>Penggunaan batu granit lebih efektif dibandingkan batu bara muda karena batu bara lebih haus akan aspal dibandingkan batu granit, sehingga batu bara muda lebih boros aspal dibandingkan batu granit</p>	<p>Semakin bertambahnya pasir pantai mengakibatkan nilai stabilitas, nilai MQ, nilai VITM, nilai VMA turun dan nilai flow, nilai VFWA, nilai densty naik</p>	<p>Penggunaan serbuk ban karet kurang efektif digunakan pada campuran perkerasan, karena ketika campuran dimasak serbuk ban karet menjadi cair sehingga menjadi pelicin seperti aspal</p>	<p>Campuran batu granit lebih efektif digunakan pada perkerasan karena batu granit memiliki tingkat keausan yang rendah sehingga tidak banyak membutuhkan aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan agregat</p>
---	------------------	---	--	---	---

Lanjutan Tabel 2.1 Rekapitulasi Hasil Penelitian Terdahulu

No.	Aspek	Penelitian Terdahulu
		Ningrum (2021)
1	Judul	Perbandingan Kinerja <i>Ashpalt Concrete Binder Course (AC-BC)</i> Menggunakan Batu Pecah Clereng dan Batu Granit Asal Tulungagung Sebagai Pengganti Agregat Kasar Aspal Pertamina 60/70.
2	Jenis Campuran	AC-BC
3	Metode	Variasi campuran batu granit dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100%

4	Hasil Penelitian	<p>Vampuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% adalah campuran yang efektif untuk digunakan pada campuran perkerasan. Batu granit membutuhkan lebih aspal untuk menyelimuti luas permukaan dan batu granit merupakan bebatuan yang kuat, sedangkan pasir Cepu boros terhadap aspal sehingga kurang ekonomis</p>

Sumber: Fasdarsyah (2014), Amal (2015), Yasra (2014), Alkam (2017), Ayat (2017), Ramadhan (2015), Aditama (2015), Ridwan (2018)

## **BAB III**

### **LANDASAN TEORI**

#### **3.1 Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah campuran agregat dan bahan ikat di atas tanah dasar (*subgrade*) yang berfungsi untuk melayani beban lalu lintas. Penelitian ini menggunakan batu granit sebagai agregat kasar pengganti saringan  $\frac{1}{2}$ , batu pecah Clereng sebagai agregat kasar utama, pasir Cepu sebagai agregat halus pengganti saringan No.30, dan agregat halus utama yaitu agregat halus Clereng. Umumnya agregat yang digunakan adalah batu kali, batu pecah ataupun material lainnya. Bahan ikat yang digunakan pada lapis perkerasan jalan raya berupa aspal, dan semen. Perkerasan jalan merupakan konstruksi jalan yang terletak di antara pertemuan roda kendaraan dan tanah dasar. Tujuan dari perkerasan jalan adalah untuk memberikan permukaan yang rata dengan tingkat kekesatan tertentu, dengan umur layanan yang relatif cukup panjang, dan pemeliharaan yang minim.

Pada kondisi alam jarang sekali tanah mampu mendukung beban berulang kendaraan tanpa mengalami deformasi yang besar, sehingga suatu struktur yang dapat melindungi tanah dari beban roda kendaraan sangat dibutuhkan yang mana struktur tersebut disebut perkerasan (*pavement*). Jadi, perkerasan adalah struktur yang memisahkan roda/ban kendaraan dengan tanah dasar yang berada di bawahnya.

Biasanya perkerasan di atas tanah dibentuk dari beberapa lapisan yang relatif lemah di bagian bawah, namun lebih kuat di bagian yang paling atas. Sehingga susunan lapisan yang demikian ini memungkinkan penggunaan secara lebih ekonomis dari material yang tersedia Hardiyatmo (2007).

#### **3.2 Fungsi Perkerasan**

Perkerasan berfungsi untuk melindungi tanah dasar dan lapisan-lapisan pembentuk perkerasan agar tidak mengalami tegangan dan regangan yang

berlebihan akibat beban lalu lintas. Secara umum fungsi perkerasan adalah sebagai berikut.

1. Memberikan struktur yang kuat dalam mendukung beban lalu lintas.
2. Memberikan permukaan rata bagi pengendara.
3. Memberikan kekesatan atau tahanan gelincir (*skid resistance*) di permukaan perkerasan.
4. Mendistribusikan beban kendaraan ke tanah dasar secara memadai, sehingga tanah dasar terlindung dari tekanan yang berlebihan.
5. Melindungi tanah dasar dari pengaruh buruk perubahan cuaca.

### 3.3 Jenis Perkerasan

Perkerasan jalan terbagi menjadi perkerasan kaku dan perkerasan lentur, berikut ini adalah penjelasan lebih jelasnya mengenai perkerasan kaku dan perkerasan lentur.

#### 3.3.1 Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku (*rigid pavement*) adalah perkerasan jalan yang bahan pengikatnya menggunakan semen (*portland cement*). Beban lalu lintas yang terjadi secara gaya vertikal maupun gaya horizontal dipikul oleh pelat beton. Pelat beton sendiri meliputi lapis pondasi atas maupun bawah di atas tanah dasar. Perkerasan ini juga dinamakan sebagai perkerasan jalan beton.

#### 3.3.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan lentur (*flexible pavement*) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan ikat. Salah satu dari jenis perkerasan lentur adalah lapis aspal beton (LASTON). Lapis aspal beton (LASTON) adalah suatu lapisan konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dengan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar serta dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Bina Marga, 2018).

Lapisan aspal beton adalah lapisan permukaan yang terdiri dari *filler*, agregat kasar, dan agregat halus yang dicampur sesuai dengan spesifikasi yang ada. Laston memiliki fungsi struktural yaitu sebagai sumbangan daya dukung dan

melindungi konstruksi di bawahnya. Lapisan aspal beton terdiri dari beberapa lapisan, antara lain.

1. Lapis Permukaan (*Surface Course*)

Merupakan lapisan yang letaknya paling atas dari struktur perkerasan jalan. Lapisan ini memiliki fungsi antara lain:

- a. kemampuan dalam menahan beban kendaraan yang menyebabkan deformasi,
- b. sebagai lapisan aus yang menerima gesekan atau gaya horizontal yang terjadi dari gaya rem ban kendaraan,
- c. sebagai lapis kedap air agar air hujan pada atas permukaan tidak meresap hingga lapisan di bawahnya.

2. Lapis Pondasi Atas (*Base Course*)

Merupakan lapisan yang letaknya diantara lapis permukaan dan lapis pondasi bawah. Lapisan ini memiliki fungsi antara lain:

- a. sebagai elemen struktur utama perkerasan yang mendistribusikan beban-beban vertikal dari lalu lintas yang terjadi agar tanah dasar tidak mengalami beban secara berlebihan,
- b. sebagai bantalan dari lapisan permukaan.

3. Lapis Pondasi Bawah (*Subbase Course*)

Merupakan lapisan yang letaknya diantara lapis pondasi bawah dan lapisan tanah dasarnya. Lapisan ini memiliki fungsi antara lain:

- a. untuk mendistribusikan beban vertikal ke lapisan tanah dasarnya,
- b. sebagai peresap air tanah agar tidak berkumpul pada pondasinya,
- c. sebagai pencegah partikel-partikel yang naik dari tanah dasar ke lapis pondasi atas.

### 3.4 Campuran *Asphalt Concrete – Binder Course (AC-BC)*

*Asphalt Concrete - Binder Course (AC-BC)* adalah lapis perkerasan yang terletak di bawah lapis permukaan (lapisan aus). Lapisan ini tidak ada hubungannya dengan cuaca, namun harus memiliki ketebalan dan kekakuan yang

baik agar dapat mengurangi regangan/tegangan akibat beban lalu lintas. Adapun ketentuan sifat-sifat campuran laston pada Tabel 3.1 berikut.

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

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3		
	Maks.	5		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi 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	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber : Bina Marga (2018)

### 3.5 Material Konstruksi Perkerasan

Material dalam pengerjaan konstruksi perkerasan lapis lentur terdiri dari aspal, agregat (agregat halus dan agregat kasar), dan *filler*.

#### 3.5.1 Aspal

Hendarsin (2000) menyatakan aspal merupakan bahan yang plastis dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat, sangat tahan terhadap asap, alkali dan garam-garaman.

Sukirman (1999) menyatakan aspal merupakan material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Jika dipanaskan sampai suatu temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton.

Aspal merupakan cairan kental material *hydrocarbon* dari hasil proses tertentu atau secara alami. Aspal sangat penting dalam perkerasan jalan khususnya pada perkerasan lentur, karena aspal berperan sebagai perekat antar agregat, pengisi rongga dan sifat yang kedap air. Adapun sifat fisik aspal yang diperhatikan dalam perancangan perkerasan serta pemeliharaannya antara lain:

1. *thermoplactic*, yaitu sifat dimana konsistensi atau viskositas aspal akan berubah sesuai dengan perubahan temperature. Aspal akan mencair apabila dipanaskan dan akan kembali keras / membeku apabila suhu menurun.
2. daya tahan keawetan (*durability*), yaitu sifat aspal dalam menahan keausan akibat perubahan iklim dalam menerima beban layanan jalan.
3. adhesi dan kohesi, adhesi yaitu sifat dimana kemampuan aspal dalam mengikat agregat pada suatu campuran, sedangkan kohesi yaitu sifat dimana kemampuan aspal dalam mempertahankan ikatan aspal agar agregat berada diposisi yang tidak berpindah.

Dalam penelitian ini, aspal yang digunakan adalah aspal pertamina dengan pen 60/70. Berikut ini ketentuan untuk aspal keras pen 60/70 pada Tabel 3.2 berikut ini.

**Tabel 3.2 Ketentuan Untuk Aspal Keras Pen 60/70**

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Syarat 60/70
1.	Penetrasi 25°C, (0,1 mm)	SNI 2456:2011	60-70
2.	Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	≥48
3.	Daktalitas Pada 25°C, (cm)	SNI 2432:2011	≥100
4.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥232
5.	Kelarutan dalam <i>Trichloroethylene</i> (%)	AASHTO T44-14	≥99
6.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥1,0

Sumber: Bina Marga (2018)

### 3.5.2 Agregat

Agregat adalah batu pecah atau krikil, dan pasir yang merupakan bahan utama dari penyusunan perkerasan jalan. Agregat merupakan komponen utama karena 90%–95% presentase berat dari perkerasan adalah agregat. Mutu agregat sangat mempengaruhi hasil dari perkerasan, oleh karena itu agregat yang



digunakan harus diperhatikan dengan baik dengan diperlukannya pemeriksaan mutu di laboratorium.

Kerbs&Walker (1971) menyatakan pemilihan jenis agregat yang sesuai untuk digunakan pada konstruksi perkerasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu ukuran dan gradasi, kekuatan, bentuk tekstur permukaan, kelekatan terhadap aspal serta kebersihan dan sifat kimia. Jenis dan campuran agregat sangat mempengaruhi daya tahan suatu perkerasan jalan raya.

Gradasi merupakan susunan atau distribusi dari agregat yang bervariasi. Gradasi agregat dapat dibedakan menjadi beberapa macam, berikut ini merupakan variasi gradasi agregat.

1. Gradasi seragam (*uniform gradation*), merupakan gradasi yang tersusun dari ukuran butiran agregat yang sama.
2. Gradasi baik (*well gradation*), merupakan gradasi yang tersusun dari ukuran butiran agregat dari besar hingga ke kecil dengan porsi yang seimbang.
3. Gradasi senjang (*gap gradation*), merupakan gradasi yang tersusun dari ukuran butiran agregat tertentu dihilangkan sebagian.

Berdasarkan ukuran butirannya agregat dibedakan menjadi 3, berikut adalah ukuran butiran agregat berdasarkan Bina Marga 2018.

1. Agregat kasar, merupakan agregat yang tertahan pada saringan 4,75 mm. Agregat kasar sendiri merupakan agregat dengan jumlah presentasi terbanyak secara berat yang dibutuhkan dalam perkerasan jalan. Agregat kasar sendiri berupa material batu pecah atau krikil dengan bersudut tajam dan keras yang memenuhi syarat. Adapun ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 3.3 berikut ini.

**Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Motode Pengujian	Nilai
Kekakuan bentuk agregat terhadap larutan		SNI 3407:2008	Maks. 12 %
			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC Modifikasi dan SMA	SNI 2417:2008	Maks. 6 %
			Maks. 30 %

**Lanjutan Tabel 3.3 Ketentuan Agregat Kasar**

Pengujian		Motode Pengujian	Nilai
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	SNI 2417:2008	Maks. 8 %
			Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90 *)
	Lainnya		95/90 **)
Partikel pipih dan lonjong	SMA	ASTM D4791-10	Maks. 5%
	Lainnya	Perbandingan 1:5	Maks. 10%

Catatan:

- \*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
  - \*\*\*) 95/90 menunjukkan 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.
2. Agregat halus, merupakan agregat yang lolos pada saringan 4,75 mm. Agregat halus sendiri merupakan batu pecah halus atau pasir alami yang memenuhi syarat. Adapun ketentuan agregat halus dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini.

**Tabel 3.4 Ketentuan Agregat Halus**

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan lempung dan butir – butir Mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber: Bina Marga (2018)

3. *Filler*, merupakan bahan halus yang berfungsi sebagai butir pengisi pada pembuatan campuran beton aspal. Didefinisikan sebagai fraksi yang lolos saringan no.200 (0,074 mm), biasa berupa debu batu, semen, debu kapur atau bahan lainnya. Bahan pengisi harus dalam keadaan kering dan bebas debu yang mengganggu.

Gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan campuran AC-BC yang dapat dilihat pada Tabel 3.5 berikut ini.

**Tabel 3.5 Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal**

Ukuran Ayakan		Laston (AC)
ASTM	(mm)	BC
1"	25	100
3/4"	19	90-100
1/2"	12,5	75-90
3/8"	9,5	66-82
No.4	4,75	46-64
No.8	2,36	30-49
No.16	1,18	18-38
No.30	0,6	12-28
No.50	0,3	7-20
No.100	0,15	5-13
No.200	0,075	04-8

Sumber: Bina Marga (2018)

Adapun material yang digunakan sebagai substitusi di campuran ini yang terdiri dari batu granit tertahan saringan 1/2" sebagai agregat kasar pengganti, dan pasir Cepu yang tertahan saringan no.30 sebagai agregat halus pengganti.

### 3.5.3 Batu Granit

Batu granit merupakan batuan beku yang memiliki warna terang, butiran besar serta kasar. Kata "granit" merupakan resapan dari bahasa Latin yaitu *granum* yang artinya butiran. Hal ini ditunjukkan pada permukaan batuan dengan banyak butiran berwarna gelap. Batu granit bersifat keras dan tangguh karena

granit sendiri terbentuk akibat proses kristalisasi magma yang lambat di bawah permukaan bumi.

Selain dari sifat keras dan kuatnya, batu granit juga memiliki beberapa keunggulan dari pada batu–batu lainnya, antara lain.

1. Ketahanan, yaitu daya tahan dari batu granit yang membuat tahan dengan perawatan yang dilakukan secara tepat.
2. Tahan terhadap air dan panas, yaitu batu granit tahan terhadap air yang umumnya merusak atau mengurangi fungsi, hal ini dikarenakan pori–pori dari batu granit yang kecil. Selain itu, batu granit tahan terhadap suhu tinggi walaupun tidak disarankan digunakan dalam hal yang berkaitan dengan temperature tinggi.
3. Warna dan motif yang unik, dengan adanya variasi granit serta *finishingnya* menambah salah satu keunggulan batu granit dalam hal estetika interior dan arsitektural.

Dari beberapa keunggulan batu granit inilah batu granit dapat dimanfaatkan atau digunakan dalam berbagai aspek, salah satunya dari aspek konstruksi dan arsitektural atau interior.

1. Sifat batu granit yang kasar permukaannya dapat dikombinasikan dalam campuran konstruksi bangunan. Batu granit dengan ukuran yang tepat dapat berfungsi sebagai pengganti agregat serta dicek agar sesuai dengan syarat konstruksi yang ada.
2. Ubin, paving, dan anak tangga dari batu granit yang membuat kesan elegan suatu bangunan. Hal ini dikarenakan warna dari batu granit yang alami dan unik.

Batu granit yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 3.2 berikut.



**Gambar 3.2 Batu Granit Asal Tulungagung**

#### 3.5.4 Pasir Cepu

Pasir Cepu adalah butiran yang terdiri dari partikel bebatuan dan mineral yang terpecah halus. Pasir Cepu memiliki warna gelap berbentuk bulat, tekstur permukaan cenderung lebih halus dibandingkan dengan pasir dari pemecah batuan, dan bisa dimanfaatkan sebagai salah satu campuran pada perkerasan jalan maupun pengecoran gedung. Pada penelitian ini pasir Cepu yang digunakan berasal dari Blora, Jawa Tengah. Fisik dari pasir Cepu lebih halus daripada Clereng dan kadar lumpur yang terdapat dari pasir Cepu lebih sedikit dibandingkan agregat halus Clareng. Gambar 3.3 merupakan pasir Cepu yang berasal dari Blora, Jawa Tengah yang digunakan pada penelitian ini.



**Gambar 3.3 Pasir Cepu Asal Blora**

### 3.6 Perencanaan Kadar Aspal

Dalam melakukan pembuatan benda uji, harus ditentukan terlebih dahulu kadar aspal yang digunakan. Perancangan komposisi kadar aspal tengah dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut ini.

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%Filler) + F \quad (3.1)$$

dengan:

- $P_b$  = kadar aspal tengah (%),  
 $CA$  = *coarse aggregate* (agregat kasar),  
 $FA$  = *fine aggregate* (agregat halus), dan  
 $F$  = konstanta 0,5% - 1,0% untuk laston.

Dari hasil kadar aspal tengah, maka dibuat beberapa variasi dari kadar aspalnya dalam penentuan kadar aspal optimum (KAO) yaitu  $P_b - 1$  dan  $P_b + 1$  dengan tambahan atau pengurangan per 0,5% dari nilai kadar aspal tengah.

### 3.7 Pengujian Marshall

Pengujian *marshall* merupakan salah satu prosedur dari Bina Marga dalam mengetahui karakteristik dari suatu campuran/benda uji dengan menentukan ketahanan (*stability*) terhadap kelelahan plastis (*flow*). Alat pengujian *marshall* merupakan alat tekan dengan cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 22,2 KN = 5000 lbf dan *flowmeter*. *Proving ring* berfungsi dalam mengukur hasil dari stabilitas sedangkan *flowmeter* berfungsi dalam mengukur kelelahan plastis yang terjadi atau *flow*.

Karakteristik campuran yang dapat diketahui dari pengujian *Marshall* antara lain.

1. Stabilitas (*stability*), merupakan kemampuan campuran dalam menerima beban sampai terjadinya kelelahan plastis, Nilai stabilitas dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.2 berikut ini.

$$\text{Nilai stabilitas (kg)} = \text{pembacaan arloji stabilitas} \times \text{kalibrasi } \textit{proving ring} \times \text{angka koreksi tebal benda uji} \quad (3.2)$$

2. Kelelehan plastis (*flow*), merupakan suatu perubahan bentuk yang terjadi akibat beban yang diterima sampai runtuh. Nilai *flow* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.3 berikut ini.

$$\text{Nilai } flow \text{ (mm)} = \text{Nilai pembacaan dari arloji } flow \quad (3.3)$$

3. *Marshall Quotient (MQ)*, merupakan nilai kekakuan dari campuran benda uji. Nilai *MQ* yang terlalu tinggi menandakan bahwa campuran cenderung kaku dan menyebabkan mudah retak. Sebaliknya nilai *MQ* yang terlalu rendah menandakan bahwa campuran cenderung lentur dan kurang stabil. Nilai *MQ* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.4 berikut ini.

$$\text{Nilai } Marshall \text{ Quotient (MQ)} = \frac{S}{F} \quad (3.4)$$

dengan:

S = nilai stabilitas yang sudah dikoreksi (kg), dan

F = nilai *flow* dari pembacaan arloji (mm).

4. Rongga dalam campuran atau *void in total mix (VITM)*, merupakan rongga udara terhadap volume total campuran setelah dipadatkan. Nilai *VITM* dinyatakan dalam persen. Nilai *VITM* sangat berpengaruh terhadap keawetan perkerasan, semakin besar nilai kadar aspal maka semakin kecil persen rongga terhadap campuran. Nilai *VITM* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.5 berikut ini.

$$VITM = 100 - \left( \frac{\text{Berat isi}}{B_j \text{ maks}} \times 100 \right) \quad (3.5)$$

5. Rongga dalam agregat atau *void in mineral aggregate (VMA)*, merupakan rongga udara atau jarak antara mineral agregat. Nilai *VMA* dinyatakan dalam persen. Semakin besar nilai kadar aspal maka nilai *VMA* semakin besar dan mempengaruhi nilai *flow* yang menyebabkan stabilitas akan menurun. Nilai *VMA* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.6 berikut ini

$$VMA = \left(100 - \frac{(100-b) \times g}{B_j \text{ Bulk Agregat}}\right) \quad (3.6)$$

dengan:

- $VMA$  = rongga dalam mineral agregat (%),  
 $b$  = persentase aspal terhadap campuran (%), dan  
 $g$  = berat isi campuran (gr).

6. Rongga terisi aspal atau *void filled with asphalt (VFWA)*, merupakan rongga udara yang terisi aspal. Nilai *VFWA* dinyatakan dalam persen. Nilai *VFWA* akan baik berdasarkan kenaikan pada kadar aspal sampai batas tertentu yaitu ketika rongga dalam kondisi penuh. Nilai *VFWA* dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.7 hingga Persamaan 3.10 berikut.

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

$$i = \left(\frac{b \times g}{B_j \text{ Aspal}}\right) \quad (3.8)$$

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

$$j = \left(\frac{(100-b) \times g}{B_j \text{ Agg}}\right) \quad (3.10)$$

dengan:

- $VFWA$  = rongga yang terisi aspal (%),  
 $b$  = persentase aspal terhadap campuran (gram),  
 $g$  = berat isi sampel (gram/cc), dan  
 $j$  = persentase aspal terhadap campuran.

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

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan karakteristik atau durabilitas dari suatu campuran akibat adanya pengaruh air, suhu, dan cuaca. Pengujian *IRS* sama dengan uji *Marshall standard* hanya waktu perendaman dengan suhu konstan 60°C selama 24 jam diberi beban. Nilai indeks tahanan campuran dapat diperoleh dengan menggunakan Persamaan 3.11 berikut ini.



$$\text{Indeks of Retained strength} = \frac{S2 \times 100\%}{S1} \quad (3.11)$$

dengan:

S1 = stabilitas setelah direndam 0,5 jam, dan

S2 = stabilitas setelah direndam 24 jam.

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

*Indirect Tensile Strength (ITS)* adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Tujuan pengujian ini yaitu untuk mengindikasikan keretakan di lapangan. Pengujian *ITS* hampir sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan hanyalah pada pengujian kuat tarik tak langsung tidak menggunakan cincin pengujian tapi menggunakan plat berbentuk cekung yang mana lebar plat tersebut 12,5 mm pada bagian penekan *Marshall*. Nilai *ITS* dapat diperoleh menggunakan Persamaan 3.12 berikut.

$$ITS = \frac{2 \times P_{maks}}{\pi \times t \times d} \quad (3.12)$$

dengan:

ITS = kuat tarik tidak langsung ( $\text{kg/cm}^2$ ),

$P_{maks}$  = beban maksimal (kg),

t = tinggi rata-rata benda uji (cm), dan

d = diameter benda uji (cm).

### 3.10 Pengujian *Cantabro*

Pengujian *cantabro* adalah pengujian yang menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa bola baja. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui besarnya batas keausan akibat pembebanan lalu lintas. Pembebanan lalu lintas yang dilalui secara berulang pada lapisan permukaan perkerasan menyebabkan lapisan menjadi aus, sehingga mengakibatkan lapisan perkerasan mengalami penurunan daya tahan. Untuk mengetahui nilai pengujian *cantabro* dapat digunakan Persamaan 3.13 berikut.

$$L = \frac{M_{i1} - M_{i2}}{M_0} \times 100 \quad (3.13)$$

dengan:

L = persentase kehilangan berat (%),

M<sub>i1</sub> = berat benda uji sebelum diabrasi (gr), dan

M<sub>i2</sub> = berat benda uji setelah di abrasi (gr).



## **BAB IV**

### **METODE PENELITIAN**

#### **4.1 Jenis Penelitian**

Tugas akhir ini bersifat eksperimen di laboratorium. Penelitian ini bertujuan untuk mencari tau apakah agregat kasar dan agregat halus pada saringan tertentu dapat diganti dengan batu granit dan pasir Cepu pada lapis perkerasan dan apakah dengan digantinya agregat menjadi batu granit dan pasir Cepu pada lapis perkerasan dapat menambah waktu layanan atau tidak.

#### **4.2 Bahan Penelitian**

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini berupa aspal, batu pecah Clereng, batu granit, agregat halus Clereng, dan pasir Cepu.

1. Agregat kasar yang digunakan pada penelitian ini yaitu agregat alami yang dipecahkan, agregat ini berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta, dan batu granit diambil dari Tulungagung, Jawa Timur.
2. Agregat halus yang digunakan pada penelitian ini berasal dari agregat alami yang dipecahkan yang berasal dari Clereng, Kulon Progo, Yogyakarta, dan pasir Cepu yang berasal dari Blora, Jawa Tengah.
3. Aspal yang digunakan merupakan aspal jenis AC 60/70 yang diproduksi oleh PT. Pertamina yang diperoleh dari PT. Perwita Karya Yogyakarta.

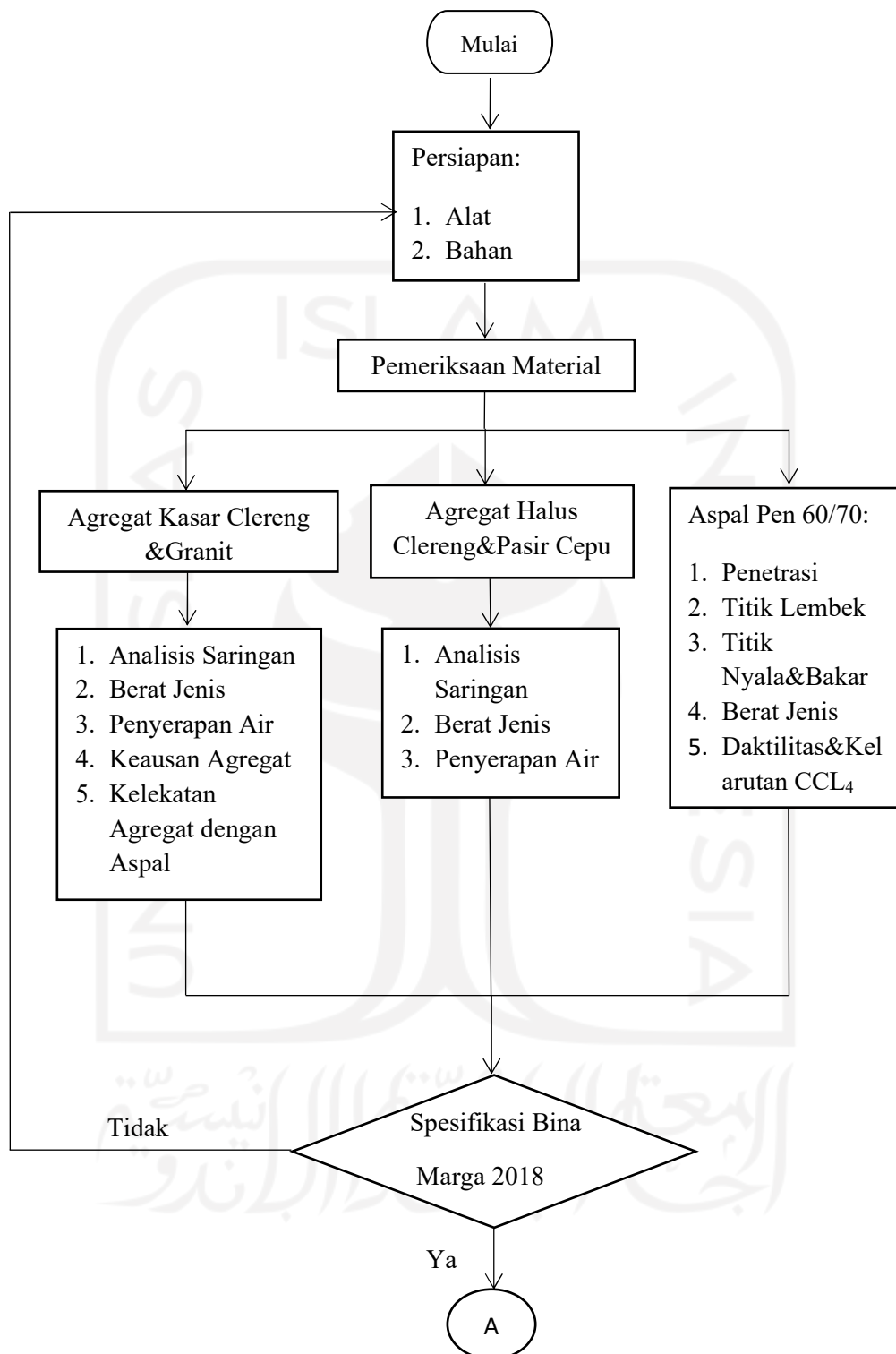
#### **4.3 Alat Penelitian**

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini ialah semua alat yang ada di Laboratorium Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.

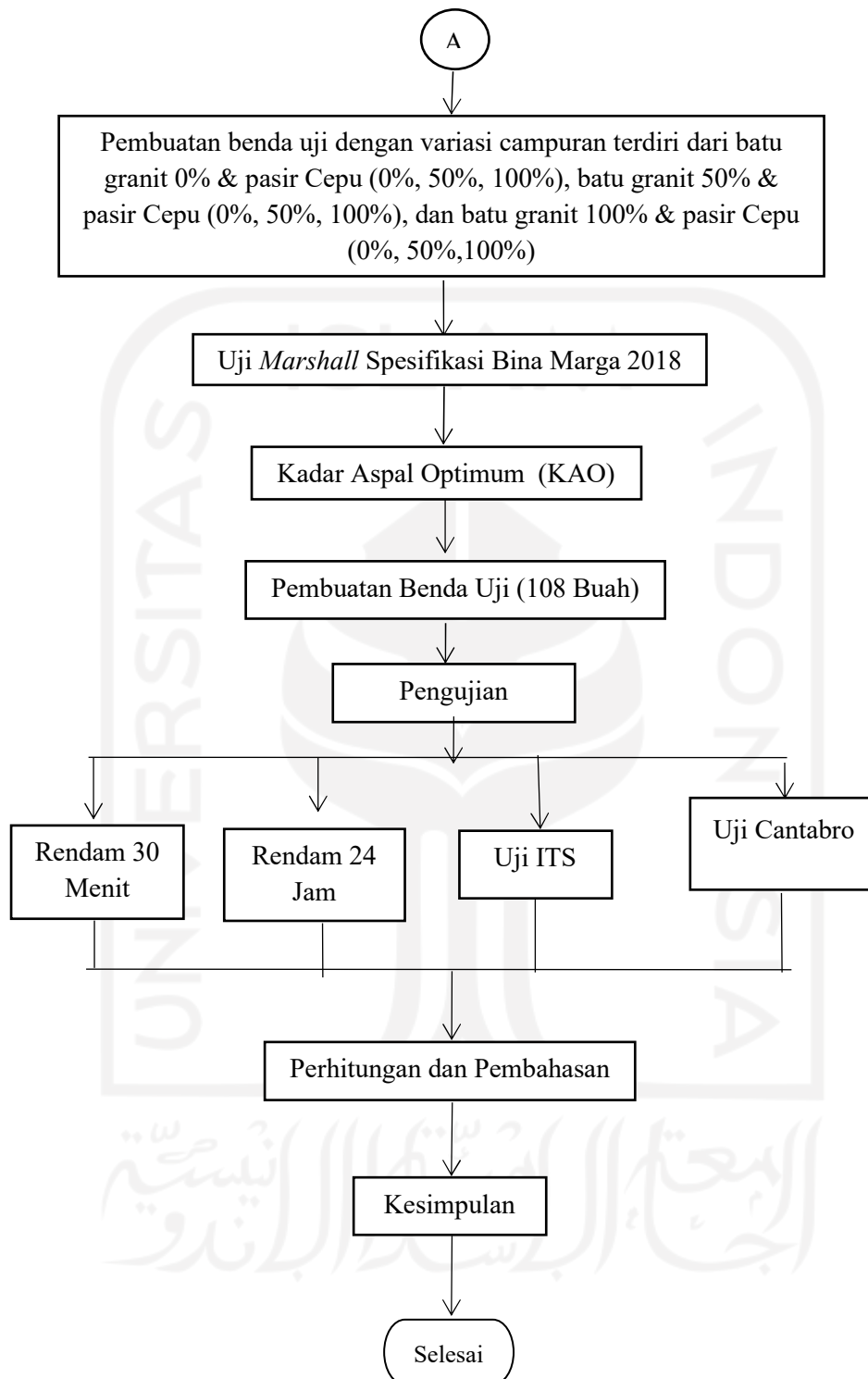
#### 4.4 Proses Penelitian

Penelitian ini merupakan eksperimen yang dilakukan di laboratorium dengan menggunakan batu granit sebagai agregat kasar pengganti dan pasir Cepu sebagai agregat halus pengganti pada lapis keras. Berikut merupakan proses penelitian dengan bagan alir (*flowchart*).





**Gambar 4.1 Bagan Alir Proses Penelitian**



**Gambar 4.1 Bagan Alir Proses Penelitian (Lanjutan)**

#### 4.5 Sampel

Sampel ialah perwakilan dari sebuah populasi yang mampu memberikan gambaran yang dibutuhkan peneliti untuk mengetahui kondisi campuran beton aspal, walaupun sampel tersebut belum tentu bisa memberikan gambaran penuh tentang kondisi campuran beton aspal.

Hal-hal yang perlu diperhatikan pada penelitian ini ialah:

1. sampel sesuai dengan tujuan penelitian,
2. sampel yang digunakan disesuaikan dengan kriteria tertentu yang sudah ditetapkan berdasarkan tujuan penelitian, dan
3. menguji sampel-sampel yang ada.

#### 4.6 Pemeriksaan Agregat

Pemeriksaan agregat terdiri dari beberapa macam, pemeriksaan ini dilakukan sebelum pembuatan sampel benda uji agar dapat mengetahui apakah material tersebut layak pakai atau tidak.

##### 4.6.1 Pemeriksaan Abrasi (Keausan) Agregat Menggunakan Mesin *Los Angeles*

Dalam pemeriksaan ini bertujuan untuk melihat ketahanan agregat kasar yang digunakan dengan metode *Los Angeles*. Metode ini sendiri menggunakan bola baja sebagai representasi dari beban atau proses pengadukan pada *Aspal Mixing Plant*. Nilai keausan dapat dicari dengan mengurangi berat sebelumnya dengan berat agregat yang hancur yang dinyatakan dalam satuan persen.

Sesuai dengan SK SNI 2417-1991, nilai keausan agregat tidak boleh melebihi dari 40 %. Hal ini karena, apabila melebihi nilai maksimal maka agregat yang diuji tidak layak untuk digunakan dalam campuran.

##### 4.6.2 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis curah (*bulk*), berat jenis kering (SSD), dan berat jenis semu dari agregat kasar. Penyerapan juga diuji untuk mengetahui besar penyerapan air pada agregat terkait dengan pori atau kerapatan dari agregat itu sendiri.

#### 4.6.3 Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk menentukan berat jenis curah (*bulk*), berat jenis kering (SSD), dan berat jenis semu dari agregat halus. Penyerapan juga diuji untuk mengetahui besar penyerapan air pada agregat terkait dengan pori atau kerapatan dari agregat itu sendiri.

#### 4.6.4 Pemeriksaan Kelekatan Agregat Terhadap Aspal

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat presentasi luas permukaan yang terselimuti aspal dari total luas permukaan agregatnya. Semakin besar nilai presentase kelekatan yang dipengaruhi oleh daya serap, tekstur agregat, dan permukaan maka semakin bagus agregat yang digunakan.

#### 4.6.5 Pemeriksaan *Sand Equivalent*

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk melihat kadar lumpur atau jenis kotoran lainnya dalam suatu agregat halus yang digunakan.

#### 4.6.6 Pemeriksaan Analisa Saringan

Tujuan dari pemeriksaan ini untuk menentukan pembagian dari butir atau ukuran agregat kasar dan halus yang akan digunakan dalam campuran. Analisa saringan menggunakan seperangkat saringan yang disusun sesuai dengan ukuran saringan dari saringan terbesar hingga pan untuk sisa saringan.

### 4.7 Pengujian Aspal

Adapun langkah-langkah pengujian aspal yang terdiri dari beberapa pemeriksaan, diantaranya adalah sebagai berikut.

#### 4.7.1 Pemeriksaan Titik Nyala dan Titik Bakar

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mencari nilai/suhu terkait titik nyala dan titik bakar dari suatu aspal yang digunakan. Titik nyala dapat ditentukan dari nyala api singkat pada permukaan aspal yang diuji, sedangkan untuk titik bakar ditentukan dari nyala api sekurang-kurangnya 5 detik pada permukaan aspal yang diuji.

#### 4.7.2 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mencari nilai/suhu dari titik lembek dari suatu aspal yang digunakan. Titik lembek sendiri dapat ditentukan



dengan meletakkan bola-bola baja dengan berat tertentu keatas permukaan aspal dalam cicin yang diuji.

#### 4.7.3 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk melihat tingkat kekerasan dari suatu aspal yang digunakan. Pemeriksaan ini dapat ditentukan dengan memasukkan jarum pada alat dan diberi beban dalam kurun waktu tertentu. Hasil penetrasi dapat menentukan jenis dari aspal itu sendiri.

#### 4.7.4 Pemeriksaan Kelarutan Aspal dalam CCL<sub>4</sub>

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mencari tingkat kemurnian dari suatu aspal yang digunakan. Semakin besar presentase aspal yang larut dalam larutan CCL<sub>4</sub> maka semakin tinggi tingkat kemurnian aspal. Pemeriksaan ini dapat ditentukan dengan melarutkan aspal menggunakan larutan CCL<sub>4</sub>, lalu menyaring larutan aspal dan CCL<sub>4</sub> pada kertas penyaring dengan pompa hampa udara untuk mendapatkan sisa material lainnya yang tersangkut pada kertas saring.

#### 4.7.5 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mencari nilai berat jenis dari agregat keras. Pemeriksaan ini dapat ditentukan dengan memasukan aspal keras kedalam piknometer lalu hitung berat kosongnya, dan berat diisi air. Hasil perbandingan antara berat bitumen dan berat air suling inilah yang dijadikan berat jenis aspalnya.

#### 4.7.6 Pemeriksaan Daktilitas

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mengetahui daya ikat antar partikel bitumen atau sifat kohesi pada aspal. Pemeriksaan ini dapat dilakukan dengan cara menarik sampel aspal yang sudah dicetak dengan kecepatan tertentu sampai Panjang maksimal (aspal sebelum putus). Jarak inilah yang dijadikan ukuran dalam menentukan tingkat daktilitas suatu aspal.

## 4.8 Prosedur Pelaksanaan

### 4.8.1 Pembuatan Campuran

Setelah pengujian bahan, dilakukan penyaringan setiap jenis agregat dengan saringan sebanyak 9 macam saringan dan pan, setelah penyaringan dilakukan penimbangan dengan berat tertentu untuk masing-masing ukuran saringan dan jenis agregat sesuai dengan gradasi yang ditentukan, yaitu gradasi menerus. Adapun perhitungan penentuan kadar aspal dalah sebagai berikut.

$$P_b = 0,035 (45\%) + 0,045 (49) + 0,18 (6\%) + 1$$

$$= 5,85\% \text{ (dibulatkan menjadi } 6\%)$$

Berdasarkan nilai  $P_b$  rencana di atas, sehingga persentase kadar aspal yang digunakan untuk memperoleh nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5, dan 7%. Pengujian ini terdiri dari 9 macam campuran yang mana setiap campuran terbagi menjadi 3 buah sampel, dari variasi di atas kemudian dilakukan pengujian *Marshall* dan dari hasil tersebut dapat diperoleh kadar aspal optimumnya. Setelah memperoleh nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), kemudian membuat sampel benda uji *Marshall*, *Index of Retained strenght*, *Indirect Tensile Strenght*, dan *Cantabro* sesuai dengan nilai KAO yang diperoleh, masing-masing campuran terdiri dari 3 buah benda uji.

Benda uji yang diperlukan untuk memperoleh nilai KAO sebanyak 135 buah benda uji dengan rincian dapat di lihat pada Tabel 4.1 berikut.

**Tabel 4.1 Rincian Campuran Jumlah Benda Uji Tiap Kadar Aspal**

	Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	Jumlah Benda Uji Tiap Kadar Aspal (buah)				
			5%	5,50%	6%	6,50%	7%
Pertamina Pen 60/70	0	0	3	3	3	3	3
		50	3	3	3	3	3
		100	3	3	3	3	3
	50	0	3	3	3	3	3
		50	3	3	3	3	3
		100	3	3	3	3	3

**Lanjutan Tabel 4.1 Rincian Campuran Jumlah Benda Uji Tiap Kadar Aspal**

Pertamina Pen 60/70	Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	Jumlah Benda Uji Tiap Kadar Aspal (buah)				
			5%	5,50%	6%	6,50%	7%
100	100	0	3	3	3	3	3
		50	3	3	3	3	3
		100	3	3	3	3	3
Total			135				

Penelitian ini menggunakan persentase campuran kelipatan 50%, karena agar dapat dilihat hasil yang signifikan sebagai perbandingan dari masing-masing persentase campuran. Dari 9 campuran di atas dibutuhkan berat untuk masing-masing sampel campuran per kadar aspal yang dapat di lihat pada Tabel 4.2 hingga Tabel 4.46 berikut.

**Tabel 4.2 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	0	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	0	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.3 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	0	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4

**Lanjutan Tabel 4.3 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	45,6	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.4 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	0	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	91,2	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.5 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	71,25	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8

**Lanjutan Tabel 4.5 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	0	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.6 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	71,25	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	45,6	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.7 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	71,25	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	91,2	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4

**Lanjutan Tabel 4.7 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.8 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	142,5	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	0	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.9 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	142,5	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	45,6	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.10 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	57	0	57
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	142,5	71,25	199,5
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,9	0	296,4
No. 4	4,75	64	46	55	45	216,6	0	513
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	176,7	0	689,7
No. 16	1,18	38	18	28	72	131,1	0	820,8
No. 30	0,6	28	12	20	80	91,2	91,2	912
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	74,1	0	986,1
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,3	0	1037,4
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,2	0	1071,6
Pan	Pan	0	0	0	100	68,4	0	1140

**Tabel 4.11 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	0	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	0	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.12 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	0	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84

**Lanjutan Tabel 4.12 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	45,36	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.13 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	0	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	90,72	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.14 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	35,44	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3



**Lanjutan Tabel 4.14 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	0	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.15 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	35,44	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	45,36	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.16 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	35,44	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48

**Lanjutan Tabel 4.16 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)	
	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan		
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	90,72	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.17 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)	
	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan		
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	70,875	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	0	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.18 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan	Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)	
	Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan		
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	70,875	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	45,36	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91

**Lanjutan Tabel 4.18 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.19 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 5,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	
3/4"	19	100	90	95	5	56,7	0	56,7
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	70,875	70,875	198,45
3/8"	9,5	82	66	74	26	96,39	0	294,84
No. 4	4,75	64	46	55	45	215,46	0	510,3
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	175,77	0	686,07
No. 16	1,18	38	18	28	72	130,41	0	816,48
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,72	90,72	907,2
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,71	0	980,91
No. 100	0,15	13	5	9	91	51,03	0	1031,94
No. 200	0,075	8	4	6	94	34,02	0	1065,96
Pan	Pan	0	0	0	100	68,04	0	1134

**Tabel 4.20 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	0	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	0	902,4

**Lanjutan Tabel 4.20 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,48
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,32
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.21 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	0	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	45,12	902,4
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,48
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,32
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.22 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	0	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	90,24	902,4

**Lanjutan Tabel 4.22 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,5
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,3
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.23 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Tertahan	Berat (gr)	
		Max	Min	Lolos	Tertahan		Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	70,5	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	0	902,4
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,5
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,3
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.24 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Tertahan	Berat (gr)	
		Max	Min	Lolos	Tertahan		Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	70,5	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	45,12	902,4

**Lanjutan Tabel 4.24 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,48
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,32
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.25 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	70,5	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	90,24	902,4
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,5
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,3
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.26 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	141	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	0	902,4
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72

**Lanjutan Tabel 4.26 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,48
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,32
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.27 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	141	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	45,12	902,4
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,5
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,3
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.28 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,4	0	56,4
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	141	141	197,4
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,83	0	293,28
No. 4	4,75	64	46	55	45	214,32	0	507,6
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,72	0	812,16
No. 30	0,6	28	12	20	80	90,24	90,24	902,4
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,76	0	1026,5

**Lanjutan Tabel 4.28 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,84	0	1060,32
Pan	Pan	0	0	0	100	67,67	0	1128

**Tabel 4.29 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	0	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	0	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.30 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	0	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	44,88	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53



**Lanjutan Tabel 4.30 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.31 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	0	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	89,76	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.32 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	70,125	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81

**Lanjutan Tabel 4.32 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	0	897,6
No. 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.33 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	70,125	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	44,88	897,6
No. 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.34 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1

**Lanjutan Tabel 4.34 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	70,125	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	89,76	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.35 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	140,25	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	0	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.36 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	140,25	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	44,88	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.37 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 6,5%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	56,1	0	56,1
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	140,25	140,25	196,35
3/8"	9,5	82	66	74	26	95,37	0	291,72
No. 4	4,75	64	46	55	45	213,18	0	504,9
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	173,91	0	678,81
No. 16	1,18	38	18	28	72	129,03	0	807,84
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,76	89,76	897,6
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,93	0	970,53
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,49	0	1021,02
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,66	0	1054,68
Pan	Pan	0	0	0	100	67,32	0	1122

**Tabel 4.38 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	0	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	0	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.39 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	0	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	44,64	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.40 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	0	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	89,28	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.41 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	69,75	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	0	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.42 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	69,75	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	44,64	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.43 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	69,75	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	89,28	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.44 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	139,5	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	0	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

**Tabel 4.45 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	139,5	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	44,64	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116



**Tabel 4.46 Kebutuhan Substitusi Agregat Kasar Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal 7%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Tertahan	Jumlah
3/4"	19	100	90	95	5	55,8	0	55,8
1/2"	12,5	90	75	82,5	17,5	139,5	139,5	195,3
3/8"	9,5	82	66	74	26	94,86	0	290,16
No. 4	4,75	64	46	55	45	212,04	0	502,2
No. 8	2,36	49	30	39,5	60,5	172,98	0	675,18
No. 16	1,18	38	18	28	72	128,34	0	803,52
No. 30	0,6	28	12	20	80	89,28	89,28	892,8
No 50	0,3	20	7	13,5	86,5	72,54	0	965,34
No. 100	0,15	13	5	9	91	50,22	0	1015,56
No. 200	0,075	8	4	6	94	33,48	0	1049,04
Pan	Pan	0	0	0	100	66,96	0	1116

Setelah memperoleh nilai KAO untuk setiap masing-masing campuran, dibutuhkan benda uji sebanyak 108 buah, terdiri dari 4 macam pengujian seperti *Marshall*, *IRS*, *ITS* dan *Cantabro*. Rincian jumlah benda uji dapat di lihat pada Tabel 4.47 berikut.

**Tabel 4.47 Rincian Campuran Jumlah Benda Uji Setelah KAO**

	Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	Jenis Pengujian			
			<i>Marshall</i>	<i>Immersion</i>	<i>ITS</i>	<i>Cantabro</i>
Pertamina Pen 60/70	0	0	3	3	3	3
		50	3	3	3	3
		100	3	3	3	3
	50	0	3	3	3	3
		50	3	3	3	3
		100	3	3	3	3
	100	0	3	3	3	3
		50	3	3	3	3
		100	3	3	3	3
Total			108			

#### 4.8.2 Pembuatan Benda Uji

Penelitian ini terdiri dari 4 macam pengujian, yaitu *Marshall Test*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Catabro*.

##### 4.8.2.1 *Marshall Test*

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengujian Marshall, yaitu:

1. membersihkan material dari debu-debu yang menempel,
2. mengeringkan material,
3. menimbang material sesuai dengan kebutuhan masing-masing campuran untuk membuat benda uji,
4. memasak benda uji,
5. memberi tanda pengenal pada tiap benda uji,
6. mengukur benda uji di 3 titik yang berbeda, kemudian dirata-rata dengan ketelitian pengukuran 0,01 mm,
7. menimbang berat kering setiap benda uji,
8. merendam benda uji selama 16 jam untuk mendapatkan nilai berat dalam air dan berat SSD,
9. menimbang berat dalam air,
10. permukaan benda uji harus dalam keadaan kering permukaan dengan cara mengelap setelah dilakukannya perendaman,
11. merendam benda uji ke dalam *water bath* pada suhu 60°C selama 30 menit,
12. memasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan ke mesin pengujian,
13. memasang *flow meter* pada penunjuk angka 0, kemudian mengatur selubung tangkai arloji (*sleeve*), dan mengatur segmen atas *breaking head*. Selama pembebanan berlangsung, tangkai arloji kelelahan menekan segmen atas dari kepala penekan,
14. memasukkan benda uji kemudian atur jarum arloji pada angka 0, dan
15. mencatat nilai kelelahan dan nilai stabilitas yang diperoleh.

##### 4.8.2.2 *Index Retained Strength*

Pengujian *IRS* sama dengan pengujian *Marshall*, yang membedakan hanyalah waktu perendaman. Pada pengujian *Marshall* waktu perendaman di *water bath* yang dibutuhkan hanya 30 menit sedangkan *Immersion Test*

membutuhkan waktu 24 jam perendaman di *water bath* dengan suhu 60°C.

#### 4.8.2.3 *Indirect Tensile Strenght*

Berikut ini adalah langkah-langkah pengujian *ITS*, antara lain sebagai berikut:

1. membuat benda uji sesuai dengan nilai KAO yang telah diperoleh dari pengujian *Marshall*,
2. meletakkan benda uji ke alat *Indirect Tensile Strenght*, dan
3. memperoleh nilai dari hasil pengujian.

#### 4.8.2.4 Pengujian *Cantabro*

Langkah-langkah pengujian *cantabro* yaitu:

1. membuat benda uji sesuai dengan kadar aspal optimum yang telah diperoleh,
2. meletakkan benda uji ke mesin *Los Angeles*,
3. mengatur mesin dengan putaran 300 kali, dan
4. menghitung persentase berat yang hilang.

### 4.9 Analisis

Setelah pengujian *Marshall*, dilanjutkan dengan analisis data yang telah diperoleh. Tujuan dari analisis adalah untuk mendapatkan nilai *Marshall*, *Indirect Tensile Strenght*, dan *Cantabro* agar diketahui karakteristik campuran aspal yang optimum. Data yang diperoleh berupa data hasil pengujian di laboratorium yang terdiri dari 6 steps pengerjaan. Data-data yang diperoleh setelah dilakukan pembuatan benda uji antara lain sebagai berikut.

1. Berat benda uji sebelum direndam (gram).
2. Berat benda uji dalam air (gram).
3. Berat benda uji dalam keadaan jenuh air (SSD) (gram).
4. Tebal benda uji (mm).
5. Pembacaan arloji stabilitas (kg).
6. Pembacaan arloji kelelahan / *flow* (mm).

## **BAB V**

### **HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN**

Pengujian ini terdiri dari pengujian karakteristik aspal, agregat kasar, agregat halus, dan *filler* yang kemudian disesuaikan dengan persyaratan Bina Marga 2018.

#### **5.1 Tinjauan Karakteristik**

##### **5.1.1 Tinjauan Terhadap Karakteristik Aspal**

Tujuan dari pengujian karakteristik aspal ialah untuk mengetahui karakter dan sifat fisik aspal. Pengujian yang dilakukan berupa berat jenis aspal, penetrasi aspal, daktilitas, titik nyala, kelarutan dalam *TCE* dan titik lembek aspal.

##### **1. Berat Jenis Aspal**

Berat jenis aspal ialah perbandingan antara berat air suling serta berat aspal dengan isi yang sama pada temperatur tertentu. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui berat jenis aspal dengan *vicnometer*. Berdasarkan hasil tersebut menunjukkan bahwa berat jenis aspal Pen 60/70 memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2018.

##### **2. Penetrasi Aspal**

Pengujian ini dilakukan dengan cara menusukkan jarum dengan beban tertentu ke aspal yang dicelupkan ke dalam air pada temperatur tertentu. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui tingkat kekerasan aspal. Hasil pengujian penetrasi aspal sebesar 64,2 mm.

##### **3. Daktilitas**

Pengujian ini dilakukan dengan cara mengukur jarak terpanjang yang bisa ditarik antar dua cetakan yang berisi aspal saat sebelum putus pada temperatur serta kecepatan tarik tertentu. Parsyaratan yang diisyaratkan Bina Marga 2018

sebesar > 100 cm, dan hasil yang diperoleh pada pengujian ini ialah 164,5 cm. Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui sifat kohesi terhadap aspal.

#### 4. Kelarutan dalam *TCE*

Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui derajat kelarutan aspal dalam *Tetra Choro Ephilen (TCE)* sehingga diketahui persentase kandungan mineral lain yang ada di dalam aspal. Semakin besar persentase kelarutan maka kandungan mineral lain yang dapat mengganggu ikatan aspal dalam batuan semakin kecil. Hasil pengujian kelarutan dalam TCE adalah 99,21%.

#### 5. Titik Lembek

Tujuan pengujian titik lembek aspal ialah untuk mengetahui pada suhu seberapa aspal mulai melunak atau melembek. Aspal dikatakan melembek apabila bola baja jatuh dari cincin aspal menyentuh dasar bejana gelas pada ketinggian tertentu. Nilai pengujian titik lembek sebesar 48 °C. Berdasarkan Bina Marga 2018 nilai yang di syaratkan yaitu  $\geq 48^{\circ}\text{C}$ .

#### 6. Titik Nyala

Tujuan pengujian titik nyala ialah untuk mengetahui temperatur dimana aspal mulai menyala dan mengetahui batas temperatur dimana aspal masih aman untuk dipanaskan. Hasil pengujian titik nyala sebesar 330°C memenuhi persyaratan karena nilai titik nyala yang di syaratkan Bina Marga 2018 minimal 232°C.

#### 5.1.2 Tinjauan Karakteristik Agregat Kasar

Tujuan dari pengujian karakteristik agregat kasar ialah untuk membandingkan sifat fisik dan karakteristik agregat kasar Clereng, Kulonprogo dan batu granit asal Tulungagung.

##### 1. Berat Jenis Agregat

Berat jenis ialah perbandingan antara berat volume agregat dengan berat volume air pada volume yang sama dengan temperatur tertentu. Berat jenis yang lebih kecil umumnya mempunyai pori yang lebih besar, sehingga memerlukan lebih banyak aspal, demikian juga sebaliknya. Pengujian berat jenis agregat kasar Clereng 2,502, dan batu granit 2,59. Nilai tersebut memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 (minimal 2,5).

## 2. Penyerapan Air oleh Agregat

Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui besarnya persentase berat air yang dapat diserap pori agregat kering. Pori yang relatif besar pada agregat biasanya membutuhkan lebih banyak aspal dikarena nilai penyerapannya lebih besar. Hasil penyerapan air oleh agregat kasar Clereng sebesar 2,086%, sedangkan batu granit sebesar 1,474%. Nilai ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu  $< 3\%$ .

## 3. Kelekatan Aspal Oleh Agregat

Hasil pengujian kelekatan agregat terhadap aspal untuk agregat kasar Clereng sebesar 96% sedangkan kelekatan agregat kasar granit sebesar 97%. Nilai yang disyaratkan Bina Marga 2018 adalah minimal 95%.

## 4. Keausan dengan Mesin *Los Angeles*

Tujuan dari pengujian ini ialah untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan, untuk memperoleh nilai keausan agregat diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan no.12 dari berat semula. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini pada campuran Clereng sebesar 21,27%. Nilai ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu  $< 30\%$ .

Hasil pengujian agregat kasar clereng dan batu granit memenuhi spesifikasi, sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

### 5.1.3 Tinjauan Karakteristik Agregat Halus

Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mencari sifat fisik dan karakteristik agregat halus Clereng, Kulonprogo, dan pasir Cepu, Blora.

#### 1. Pengujian Berat Jenis

Berdasarkan pengujian berat jenis agregat halus Clereng diperoleh 2,52, sedangkan berat jenis pasir Cepu diperoleh 2,6. Nilai yang disyaratkan Bina Marga 2018  $> 2,5$ .

#### 2. Penyerapan Air oleh Agregat

Penyerapan agregat halus clereng terhadap air yang diperoleh sebesar 2,25%, dan pasir Cepu sebesar 2,33%. Nilai-nilai tersebut memenuhi persyaratan spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu  $< 5\%$ .

### 3. *Sand Equivalent*

Nilai *sand equivalent* agregat halus adalah persentase kebersihan agregat terhadap lumpur, debu, dan kotoran lainnya. Pada pengujian ini diperoleh nilai *sand equivalent* dengan campuran agregat halus clereng sebesar 73,79%, dan pasir cepu sebesar 88,9%.

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

Tujuan dari pengujian ini ialah untuk mengetahui ketahanan agregat kasar terhadap keausan, untuk mendapatkan nilai keausan agregat diperoleh dari perbandingan antara berat bahan yang aus terhadap saringan no.12 terhadap berat awal. Hasil yang diperoleh pada pengujian ini pada campuran clereng sebesar 21,27%. Nilai ini memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu < 30%.

Hasil pengujian agregat kasar Clereng dan batu granit memenuhi spesifikasi, sehingga layak digunakan sebagai bahan penelitian.

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

*Filler* ialah agregat halus yang lolos saringan No.200 atau tertahan di pan. Adapun hasil pengujian berat jenis *filler* debu batu Clereng sebesar 2,641.

Agregat halus dan *filler* yang digunakan pada penelitian ini layak digunakan sebagai bahan uji penelitian, karena hasil pengujian memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

## 5.2 Hasil Pengujian

### 5.2.1 Hasil Pengujian Material

Komponen penyusun campuran pada pengujian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat material yang digunakan dalam campuran LASTON. Material yang digunakan pada pengujian ini ialah aspal pertamina pen 60/70. Hasil pengujian yang diperoleh telah memenuhi persyaratan berdasarkan Bina Marga 2018, yang dapat dilihat pada Lampiran 1 hingga Lampiran 6 atau 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	Penetrasi	60-70	64	Memenuhi
2	Titik Lembek	$\geq 48$	48	Memenuhi
3	Daktalitas (cm)	$\geq 100$	164,5	Memenuhi
4	Titik Nyala	$\geq 232$	330	Memenuhi
5	Kelarutan dalam <i>TCE</i> (%)	$\geq 99$	99,21	Memenuhi
6	Berat Jenis	$\geq 1$	1,039	Memenuhi

### 5.2.2 Hasil Pengujian Karakteristik Agregat

Pengujian agregat meliputi pengujian agregat kasar yang terdiri dari batu pecah Clereng, batu granit dan agregat halus terdiri dari agregat halus Clereng dan pasir Cepu, dan *filler* berasal dari Clereng, Kulon Progo. Pengujian ini memperoleh data yang telah memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yang hasilnya dapat di lihat pada Lampiran 7 hingga Lampiran 15 atau pada Tabel 5.2 dan Tabel 5.3.

**Tabel 5.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Clereng	Granit	Keterangan
1	Berat Jenis	Min 2,5	2,502	2,59	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	Max 2,5	2,086	1,474	Memenuhi
3	Kelekatan aspal oleh agregat (%)	Min 95	96	97	Memenuhi
4	Keausan dengan mesin <i>Los Angeles</i> (%)	Maks 40	21,27	-	Memenuhi

**Tabel 5.3 Hasil Pengujian Agregat Halus**

No.	Jenis Pengujian	Nilai Persyaratan	Clereng	Cepu	Keterangan
1	Berat Jenis	Min 2,5	2,60	2,53	Memenuhi
2	Penyerapan air oleh agregat (%)	Max 5	2,25	2,33	Memenuhi
3	<i>Sand Equivalent</i> (%)	Min 50	73,79	88,9	Memenuhi



**Tabel 5.4 Hasil Pengujian *Filler* Clereng**

No	Pemeriksaan	Hasil
1	<i>Filler</i> Clereng	2,641

### 5.2.3 Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran *Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)* Untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Hasil pengujian *Marshall* dengan agregat kasar granit dan pasir Cepu dengan variasi substitusi 0%, 50% dan 100% dapat dilihat pada Lampiran 16 hingga Lampiran 24 atau dapat dilihat pada Tabel 5.5 berikut.



**Tabel 5.5 Hasil Pengujian Marshall**

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Pen 60/70								
		Variasi Substitusi Agregat Halus (%)								
		B.Granit 0% & P.Cepu 0%	B.Granit 0% & P.Cepu 50%	B.Granit 0% & P.Cepu 100%	B.Granit 50% & P.Cepu 0%	B.Granit 50% & P.Cepu 50%	B.Granit 50% & P.Cepu 100%	B.Granit 100% & P.Cepu 0%	B.Granit 100% & P.Cepu 50%	B.Granit 100% & P.Cepu 100%
Stabilitas (kg)	5	1057,18	1055,52	934,32	1193,37	1151	1118,2	1213,71	1175,65	1151,43
	5,5	1085,19	1072,75	1011,06	1233,78	1204,36	1138,96	1241,32	1201,81	1185,86
	6	1131,74	1113,67	1093,55	1321,74	1282,84	1240,04	1344,35	1275,58	1261,31
	6,5	1107,52	1098,27	1036,54	1191,81	1160,87	1163,19	1221,77	1205,96	1185,1
	7	1079,81	1057,45	946,13	1172,4	1143,37	1136,85	1174,12	1163,16	1149,33
Flow (mm)	5	3,32	3,38	3,53	3,07	3,26	3,31	3,01	3,16	3,24
	5,5	3,36	3,41	3,57	3,1	3,31	3,39	3,05	3,22	3,31
	6	3,42	3,46	3,61	3,17	3,4	3,49	3,15	3,3	3,41
	6,5	3,5	3,57	3,65	3,35	3,46	3,54	3,28	3,37	3,53
	7	3,6	3,66	3,78	3,42	3,5	3,64	3,35	3,4	3,61
MQ (kg/mm)	5	318,46	312,29	264,49	389,38	352,82	337,95	403,14	372,02	355,47
	5,5	322,92	314,88	283,08	399,58	363,48	336,35	407,54	373,45	358,01
	6	330,6	322,3	303,25	418,06	378,29	355,09	428,24	386,99	370,45
	6,5	316,28	307,39	283,79	365,46	337,22	328,16	380,15	358,45	335,43
	7	300,23	289,17	250,55	345,58	326,36	313,02	351,53	341,87	318,09
VITM (%)	5	5,3	5,49	5,61	5,12	5,33	5,4	4,85	5,14	5,26

**Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Pengujian Marshall**

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Pen 60/70								
		Variasi Substitusi Agregat Halus (%)								
		B.Granit 0% & P.Cepu 0%	B.Granit 0% & P.Cepu 50%	B.Granit 0% & P.Cepu 100%	B.Granit 50% & P.Cepu 0%	B.Granit 50% & P.Cepu 50%	B.Granit 50% & P.Cepu 100%	B.Granit 100% & P.Cepu 0%	B.Granit 100% & P.Cepu 50%	B.Granit 100% & P.Cepu 100%
<i>VITM (%)</i>	5,5	4,88	4,95	5,19	4,67	4,71	4,9	4,48	4,57	4,69
	6	4,72	4,77	4,86	4,3	4,47	4,47	3,82	4,05	4,34
	6,5	4,37	4,4	4,73	3,93	4,2	4,56	3,57	3,76	4,02
	7	3,89	3,93	4,31	3,72	3,88	3,94	3,26	3,64	3,75
<i>VFWA (%)</i>	5	67,24	66,26	65,74	68,17	67,12	66,8	69,37	67,96	67,41
	5,5	70,95	70,54	69,5	72,02	71,73	70,86	72,92	72,37	71,84
	6	73,3	72,94	72,63	75,29	74,4	73,21	77,52	76,34	75
	6,5	76,18	75,95	74,54	78,23	76,96	75,39	79,89	78,94	77,72
	7	79,48	79,18	77,54	80,31	79,53	79,24	82,35	80,56	80,07
<i>VMA (%)</i>	5	16,16	16,27	16,37	16,07	16,2	16,26	15,84	16,03	16,13
	5,5	16,81	16,79	17	16,7	16,66	16,83	15,53	16,54	16,64
	6	17,66	17,63	17,7	17,38	17,45	17,68	16,96	17,09	17,34
	6,5	18,35	18,29	18,58	18,06	18,21	18,51	17,76	17,84	18,06
	7	18,92	18,86	19,18	18,87	18,91	18,96	18,48	18,72	18,81
<i>Density (gr/cc)</i>	5	2,26	2,24	2,24	2,28	2,26	2,26	2,28	2,26	2,26
	5,5	2,25	2,24	2,23	2,27	2,26	2,25	2,28	2,26	2,26
	6	2,24	2,23	2,23	2,27	2,25	2,24	2,28	2,26	2,25

**Lanjutan Tabel 5.5 Hasil Pengujian *Marshall***

Pengujian	Kadar Aspal (%)	Aspal Pen 60/70								
		Variasi Substitusi Agregat Halus (%)								
		B.Granit 0% & P.Cepu 0%	B.Granit 0% & P.Cepu 50%	B.Granit 0% & P.Cepu 100%	B.Granit 50% & P.Cepu 0%	B.Granit 50% & P.Cepu 50%	B.Granit 50% & P.Cepu 100%	B.Granit 100% & P.Cepu 0%	B.Granit 100% & P.Cepu 50%	B.Granit 100% & P.Cepu 100%
<i>Density (gr/cc)</i>	6,5	2,24	2,22	2,21	2,26	2,24	2,23	2,27	2,25	2,24
	7	2,23	2,22	2,21	2,25	2,23	2,23	2,26	2,24	2,24

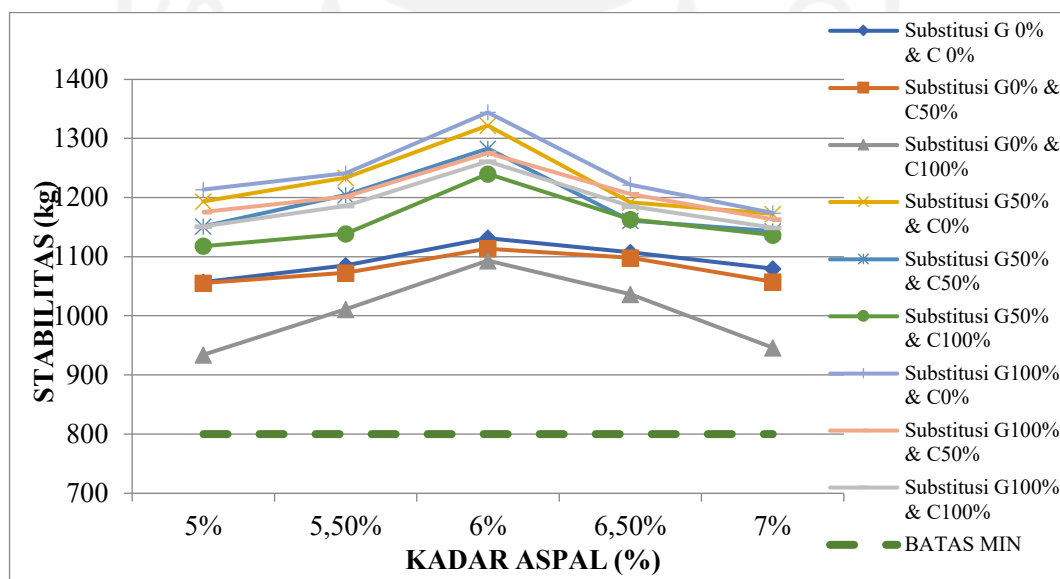
### 5.3 Pembahasan

#### 5.3.1 Hasil Tinjauan Karakteristik *Marshall* untuk Menentukan Kadar Aspal Optimum

Tinjauan kerarakteristik *Marshall* untuk memperoleh nilai KAO dapat dilihat sebagai berikut.

##### 1. Stabilitas

Stabilitas ialah kemampuan perkerasan agar dapat menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk seperti gelombang hingga terjadi kelelahan plastis. Nilai stabilitas tergantung dari gradasi agregat, tekstur permukaan agregat, dan kepadatan campuran serta kepadatan air. Berdasarkan pengujian di laboratorium diperoleh nilai stabilitas seperti Gambar 5.10 berikut.



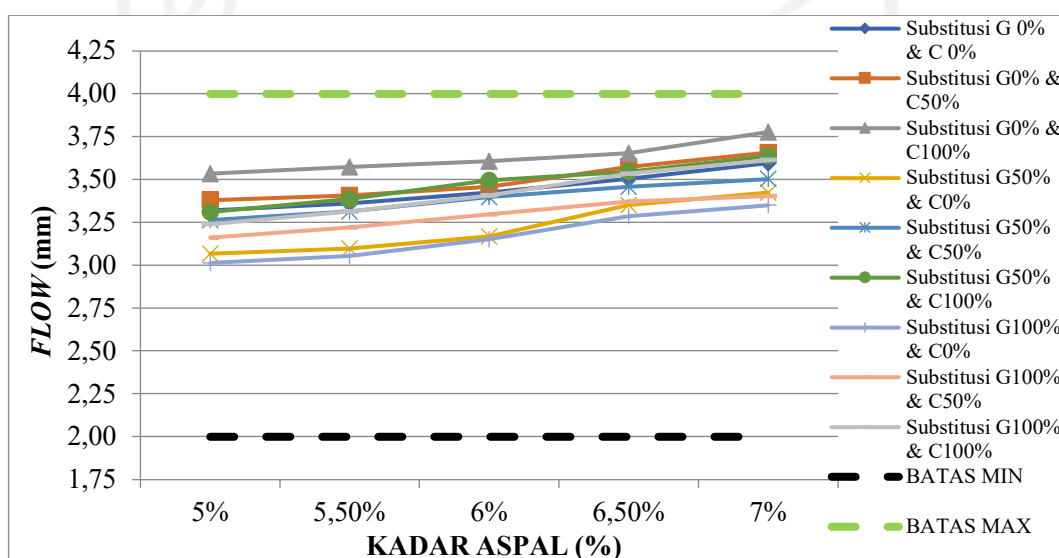
**Gambar 5.1 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Stabilitas**

Berdasarkan Gambar 5.1 nilai stabilitas cenderung naik hingga batas kadar aspal optimumnya, nilai stabilitas akan mengalami penurunan apabila kadar aspal lebih besar daripada kadar aspal optimumnya. Nilai stabilitas turun karena agregat kasar granit yang berpori kecil dan teksturnya yang agak licin serta pasir Cepu yang berbentuk agak bulat atau lonjong dan tekstur permukaan cenderung lebih halus sehingga memiliki *interlocking* yang kecil yang mengakibatkan nilai stabilitas campuran turun. *Interlocking* antar agregat

sangat mempengaruhi nilai stabilitas. Dari data telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yaitu  $> 800\text{kg}$ .

## 2. Flow

Kelelehan (*flow*) ialah perubahan bentuk suatu perkerasan akibat pembebanan hingga batas runtuh, dinyatakan dalam mm atau 0,01 inch. Campuran akan cenderung mudah retak apabila nilai *flow* rendah, sebaliknya campuran cenderung mudah mengalami deformasi ketika nilai *flow* tinggi. Berikut ini adalah grafik *flow*, yang ditunjukkan pada Gambar 5.2 berikut.



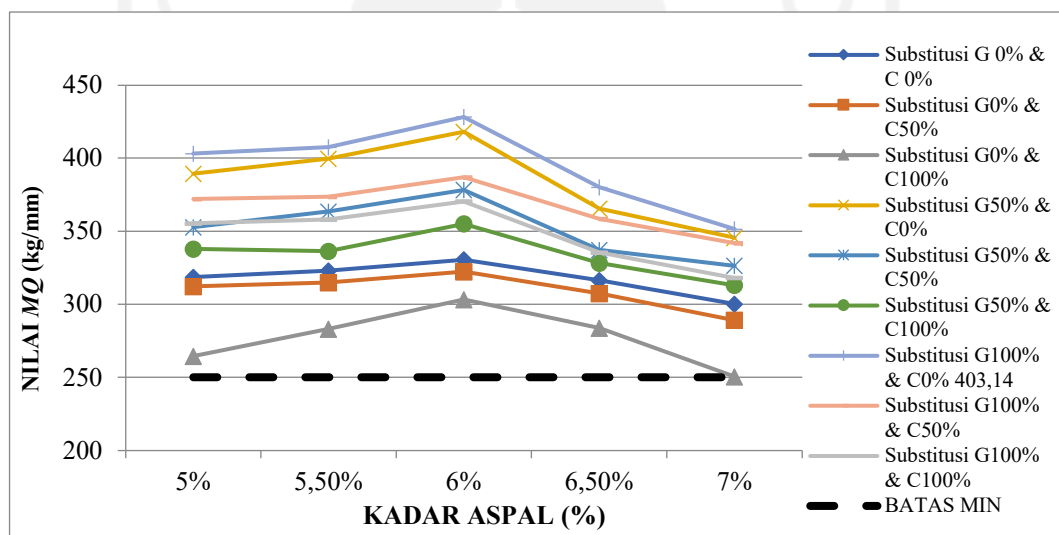
**Gambar 5.2 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan Flow**

Berdasarkan Gambar 5.2 nilai *flow* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal, karena peningkatan kadar aspal yang mengakibatkan campuran bersifat plastis sehingga mudah mengalami perubahan bentuk (deformasi plastis) akibat adanya pembebanan. Berdasarkan grafik di atas nilai *flow* mengalami peningkatan seiring bertambahnya kadar aspal, hal ini disebabkan oleh agregat kasar granit berpori kecil, dan memiliki tekstur yang sedikit licin sehingga granit membutuhkan lebih sedikit aspal untuk dapat menyelimuti luas permukaan agregat dibandingkan pasir Cepu yang cenderung memiliki pori yang besar serta berbentuk bulat dan lebih halus sehingga pasir Cepu membutuhkan cukup banyak aspal agar agregat dapat terselimuti oleh aspal. Seiring bertambahnya campuran agregat kasar granit

dan pasir Cepu membuat nilai *flow* semakin bertambah bersamaan dengan bertambahnya kadar aspal. Berdasarkan hasil di atas nilai *flow* memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 yaitu antara 2 mm - 4 mm.

### 3. Marshall Quotient

Nilai *Marshall Quotient* merupakan nilai bagi dari nilai stabilitas dan nilai *flow*. Nilai *Marshall Quotient* menunjukkan kelenturan campuran tersebut, nilai *MQ* yang semakin kecil akan membuat campuran semakin lentur namun campuran kurang stabil, apabila nilai *MQ* semakin besar akan membuat campuran semakin kaku yang dapat mengakibatkan aspal kehilangan keelastisitasannya. Nilai *Marshall Quotient* dapat dilihat pada Gambar 5.3 berikut.



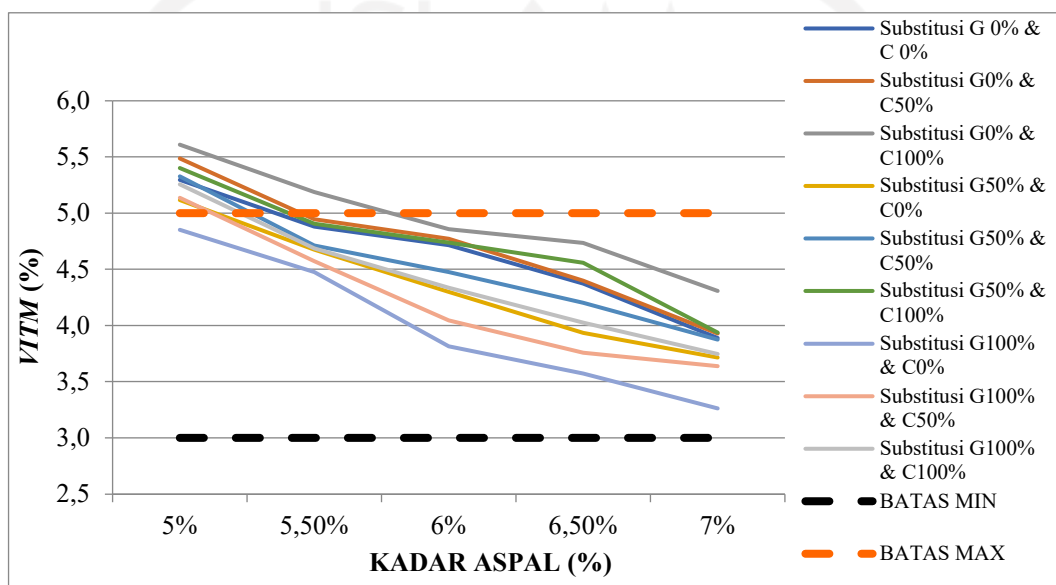
**Gambar 5.3 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan *Marshall Quotient***

Berdasarkan Gambar 5.3 di atas dapat dilihat bahwa semakin bertambahnya kadar aspal nilai *MQ* semakin bertambah yang mengakibatkan meningkatnya kohesi campuran sehingga campuran menjadi lebih kaku, sedangkan nilai *MQ* yang menurun disebabkan karena bertambahnya kadar aspal yang menyebabkan campuran menjadi plastis. Berdasarkan grafik di atas pada campuran agregat kasar granit 0% dan pasir Cepu 100% pada kadar aspal 7% merupakan nilai *MQ* terendah, dikarenakan rendahnya nilai stabilitas namun nilai *flow* tinggi yang mengakibatkan campuran terlalu lentur dan

kurang stabil. Nilai  $MQ$  dapat dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi, tekstur permukaan, temperature dan jumlah pemadatan.

#### 4. *Void in Total Mix (VITM)*

*Void in Total Mix (VITM)* adalah persentase rongga di dalam total campuran. Nilai *VITM* yang disyaratkan Bina Marga 2018 adalah 3-5%. Gambar 5.4 berikut ini merupakan nilai *VITM*.



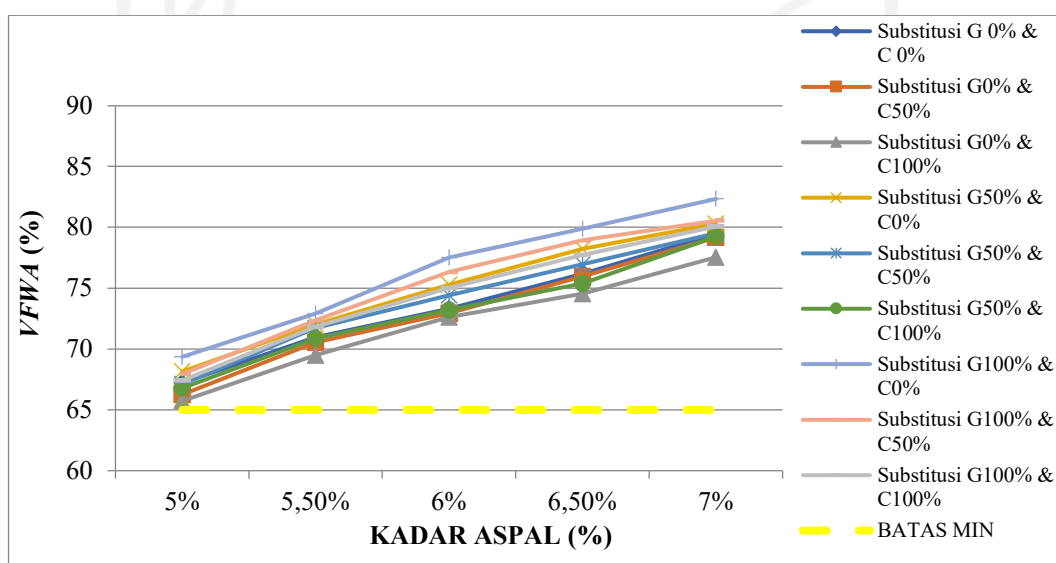
**Gambar 5.4 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan *VITM***

Berdasarkan hasil penelitian pada Gambar 5.4 di atas dapat dilihat bahwa semakin besar kadar aspalnya mengakibatkan nilai *VITM* semakin turun. Semakin kecil nilai *VITM* mengakibatkan rongga di dalam campuran semakin kecil sehingga campuran menjadi lebih kedap terhadap air. Nilai *VITM* besar maka semakin besar juga rongganya sehingga *interlocking* antar partikel dalam campuran tidak kuat yang mengakibatkan campuran bersifat porous. Jika nilai *VITM* semakin kecil akan mengakibatkan *bleeding* (keluarnya aspal ke permukaan). Besar kecilnya nilai *VITM* sangat mempengaruhi stabilitasnya, hal ini dapat terjadi karena bentuk agregat yang seragam, dan bulat sehingga menimbulkan *VITM* yang beragam. Berdasarkan gambar di atas tidak semua nilai *VITM* masuk kedalam spesifikasi Bina Marga 2018, yaitu 3% - 5%.



### 5. *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

*Void Filled With Asphalt (VFWA)* ialah persentase rongga yang terisi oleh aspal. Semakin banyak aspal maka nilai *VFWA* semakin besar, karena rongga di dalam campuran yang terisi oleh aspal semakin banyak. Semakin tinggi nilai *VFWA* membuat campuran semakin kedap air dan udara, yang mengakibatkan durabilitas campuran semakin bertambah. Berdasarkan Bina Marga 2018, nilai *VFWA* yang disyaratkan minimal 65%. Nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)* dapat dilihat pada Gambar 5.5 berikut ini.



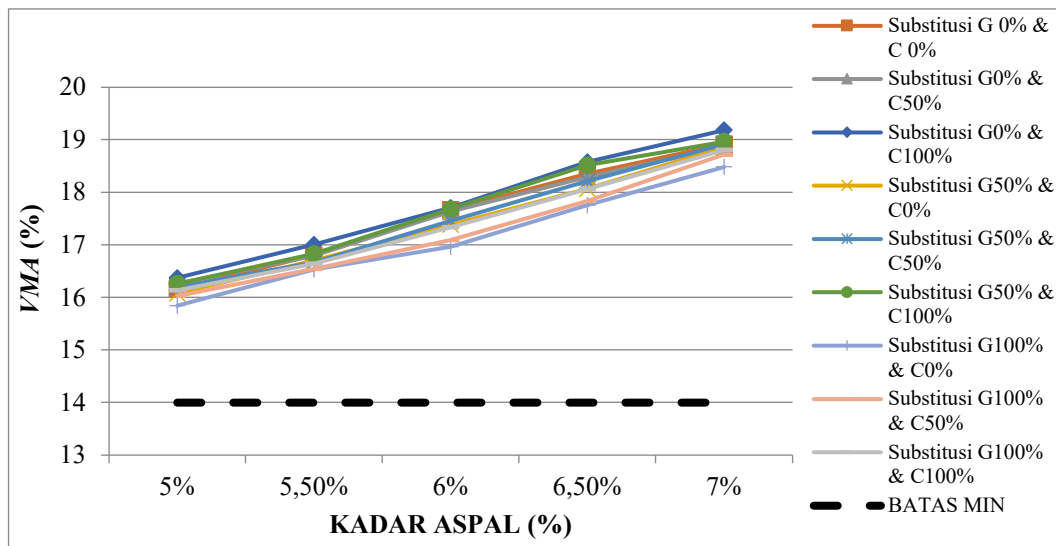
**Gambar 5.5 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan *VFWA***

Dari Gambar 5.5 di atas diperoleh nilai *VFWA* tertinggi ada di campuran agregat kasar granit 100% dan pasir Cepu 0% pada kadar aspal 7%. Hal ini dikarenakan pori agregat batu granit yang lebih kecil, dan tekstur permukaan yang licin dibandingkan agregat kasar Clereng dan pasir Cepu yang memiliki pori yang besar, tekstur permukaan yang halus dan butirannya yang kecil sehingga pasir Cepu membutuhkan cukup banyak aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan agregat. Nilai *VFWA* yang disyaratkan Bina Marga 2018 adalah minimal 65%.

### 6. *Void Mineral Agregate (VMA)*

*Void Mineral Agregate (VMA)* adalah persentase rongga di antara butir-butir agregat pada campuran perkerasan. Pada campuran yang bergradasi terbuka,

nilai *VMA* akan bertambah. Berikut ini merupakan nilai *Void Mineral Agregate* (*VMA*).



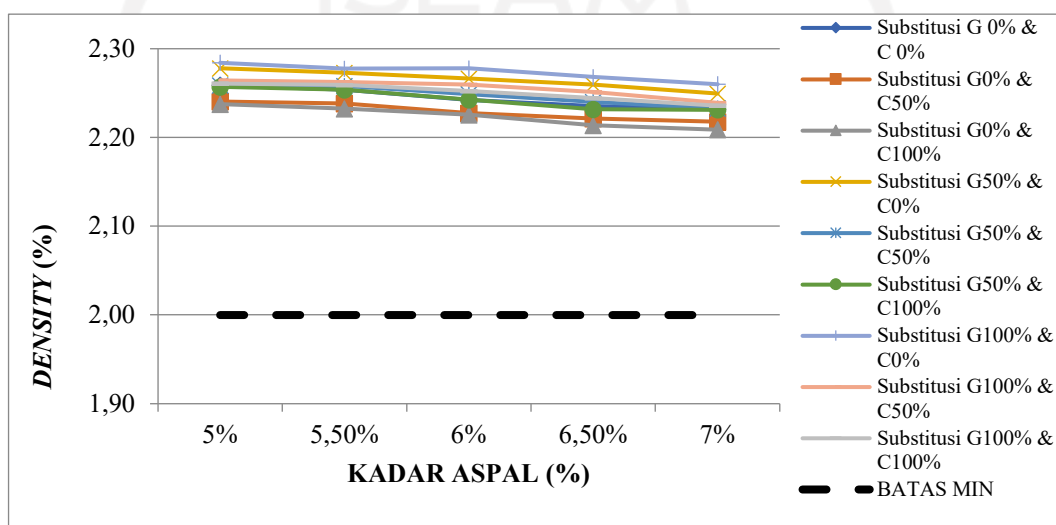
**Gambar 5.6 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan *VMA***

Nilai *Void Mineral Agregate* (*VMA*) adalah volume rongga diantara butir-butir agregat. *VMA* sendiri menunjukkan jarak antar agregat, semakin tinggi nilai *VMA* maka semakin besar jarak antar agregatnya. Dari Gambar 5.6 semakin bertambahnya kadar aspal nilai *VMA* semakin tinggi yang mengakibatkan *film* aspal mengalami penebalan, sehingga jarak antar agregat semakin besar. Hal ini dikarenakan pori agregat batu granit yang lebih kecil, dan tekstur permukaan yang licin dan pasir Cepu yang memiliki pori yang besar, tekstur permukaan yang halus dan butirannya yang kecil sehingga pasir Cepu membutuhkan cukup banyak aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan agregat yang mengakibatkan *interlocking* antar agregat berkurang tetapi jumlah kadar aspal semakin bertambah mengakibatkan *interlocking* antar campuran bertambah. Nilai *VMA* yang disyaratkan Bina Marga adalah minimal 14%.

#### 6. *Density* (Kepadatan)

*Density* ialah nilai berat volume untuk menunjukkan kepadatan campuran. Seiring bertambahnya kadar aspal dapat meningkatkan kepadatan dan kerapatan, karena semakin tinggi kadar aspalnya aspal dapat mengisi rongga

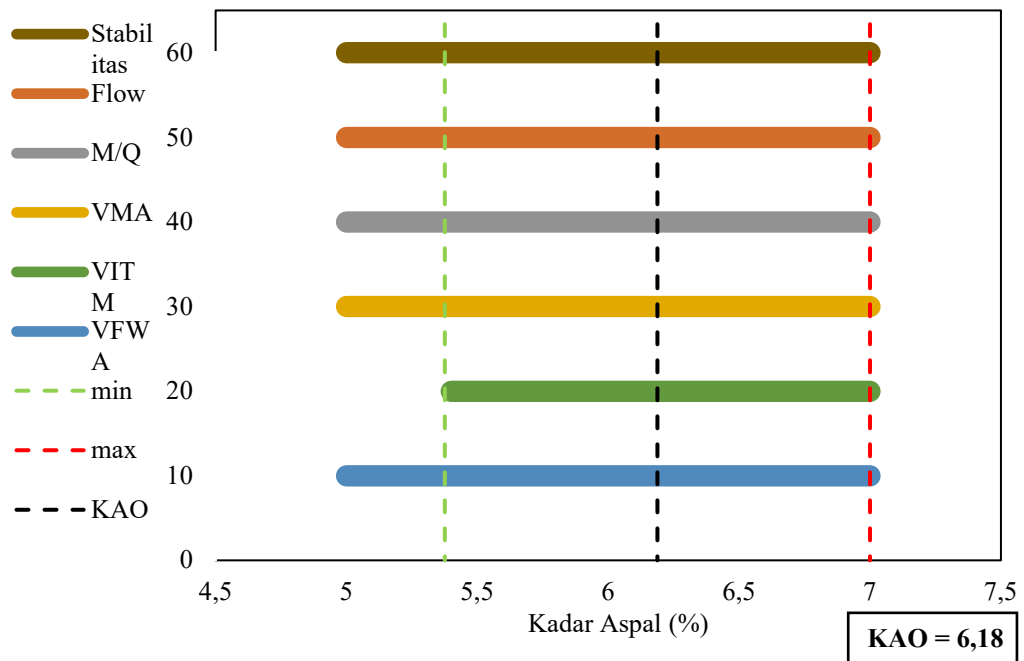
antara butir-butir agregat. *Density* atau nilai kepadatan campuran menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang sudah dipadatkan. Campuran dengan nilai kepadatan tinggi cenderung mampu menahan beban yang lebih besar dibandingkan campuran yang nilai kepadatan rendah. Faktor yang dapat mempengaruhi nilai kepadatan berupa gradasi campuran, penggunaan kadar aspal dalam campuran, temperature pemadatan, jumlah pemadatan. Nilai *density* dapat dilihat pada Gambar 5.7 berikut.



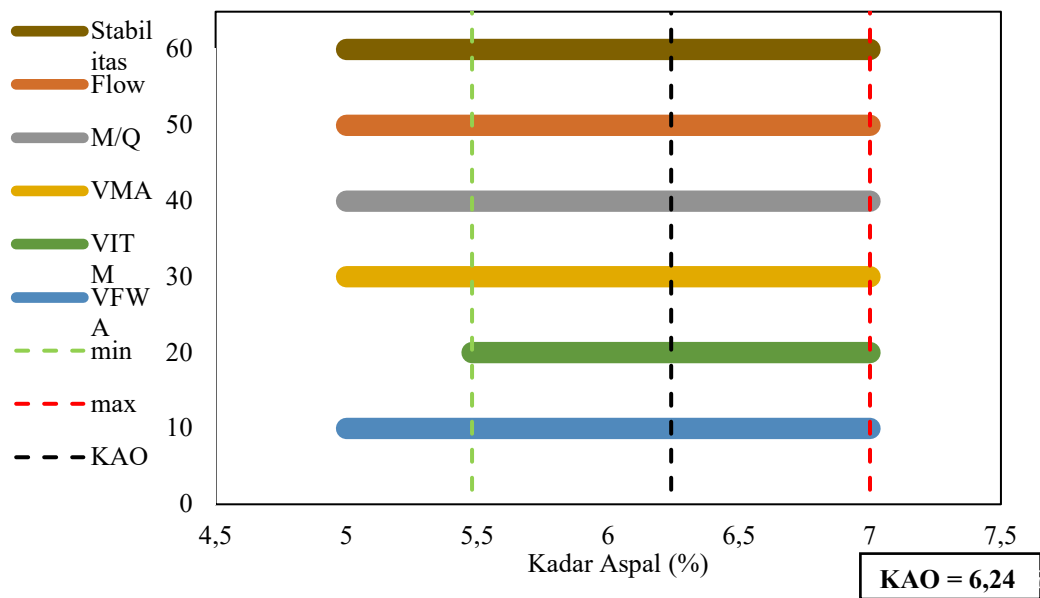
**Gambar 5.7 Grafik Hubungan Kadar Aspal dan *Density***

Pada Gambar 5.7 dapat diketahui nilai *density* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah kadar aspal, hal ini dikarenakan adanya campuran pasir Cepu yang mengakibatkan nilai *density* turun karena pasir Cepu yang memiliki pori yang besar, tekstur permukaan yang halus dan butirannya yang kecil sehingga pasir Cepu membutuhkan cukup banyak aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan campuran, sedangkan pori agregat batu granit yang lebih kecil, dan tekstur permukaan yang licin sehingga batu granit tidak banyak membutuhkan aspal untuk menyelimuti permukaan.

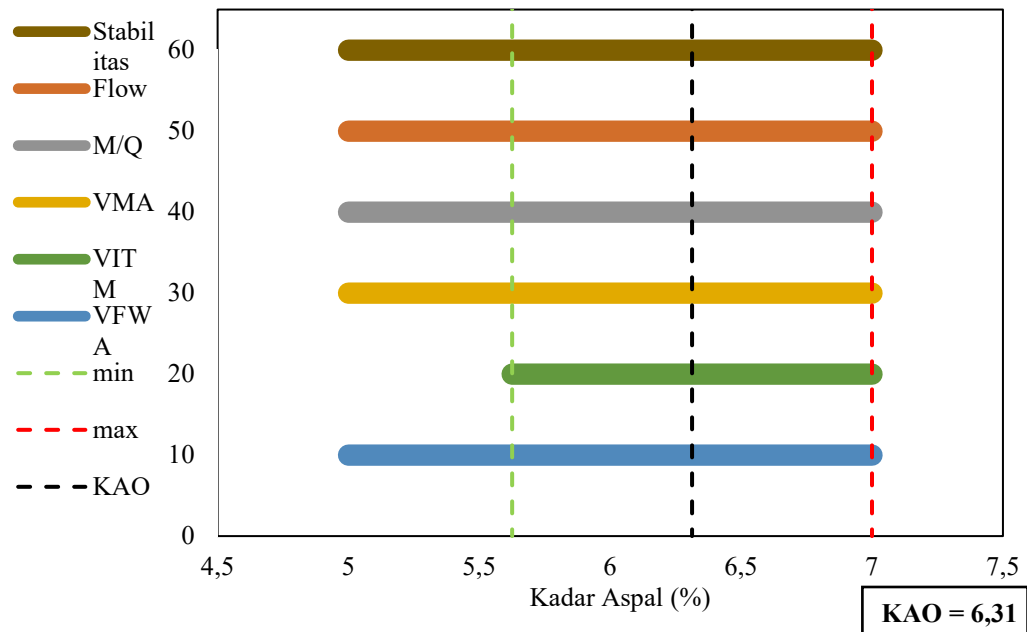
Berdasarkan hasil uji *Marshall* di atas diperoleh nilai KAO berdasarkan syarat Bina Marga 2018. Dengan dilakukan perhitungan secara grafis. Nilai KAO yang diperoleh dapat dilihat pada Gambar 5.8 hingga Gambar 5.16 berikut.



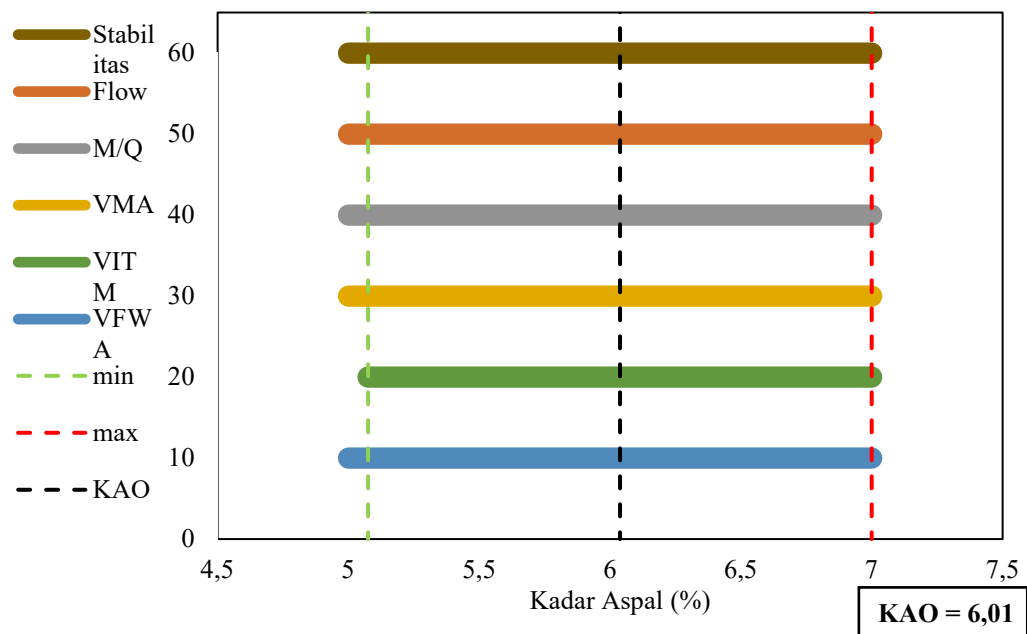
**Gambar 5.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substisusi Agregat Kasar 0% dan Pasir Cepu 0%**



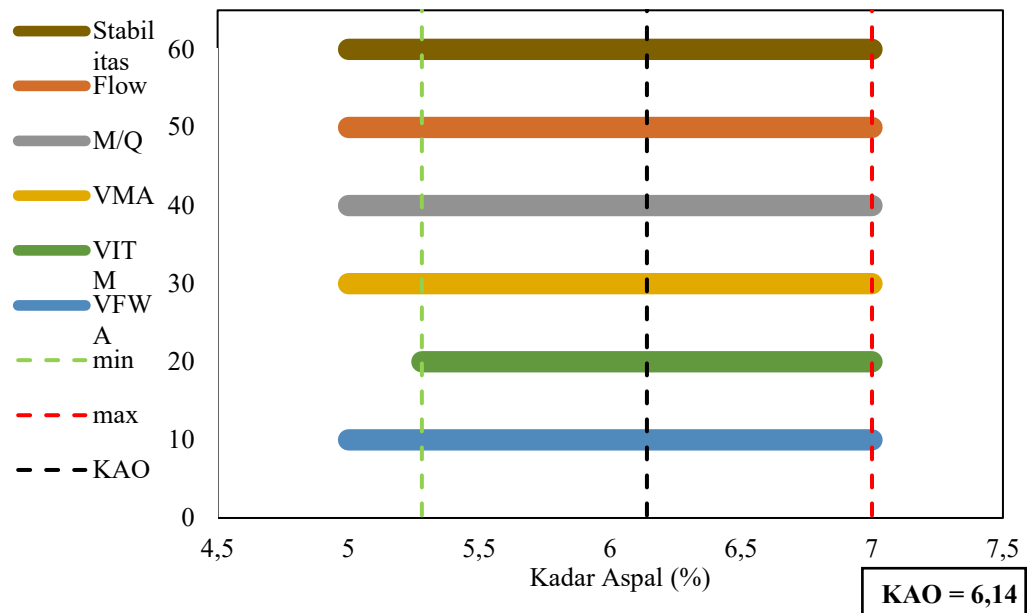
**Gambar 5.9 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substisusi Agregat Kasar 0% dan Pasir Cepu 50%**



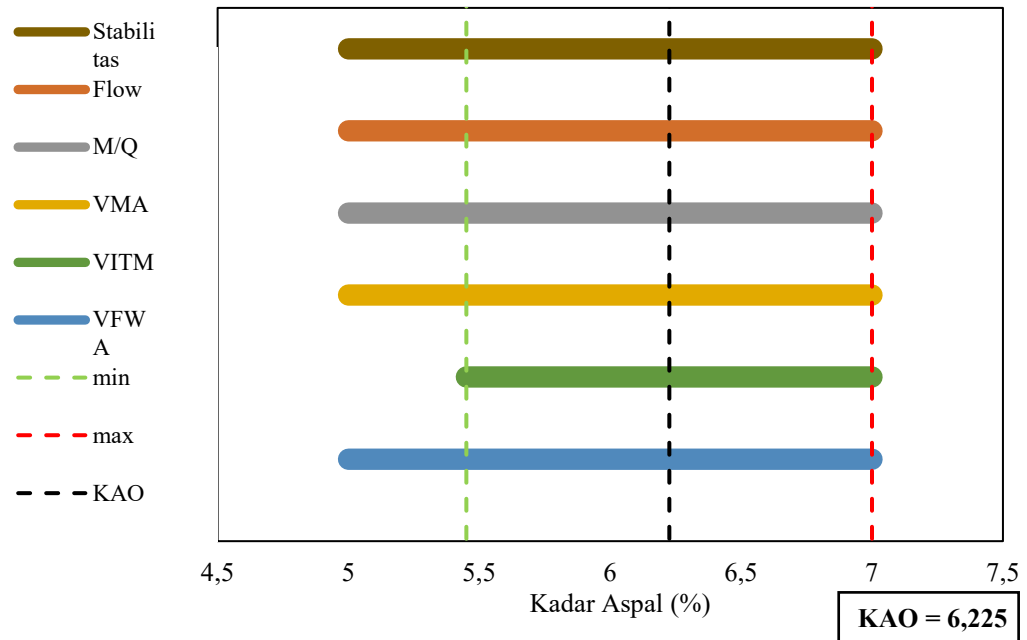
**Gambar 5.10 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 0% dan Pasir Cepu 100%**



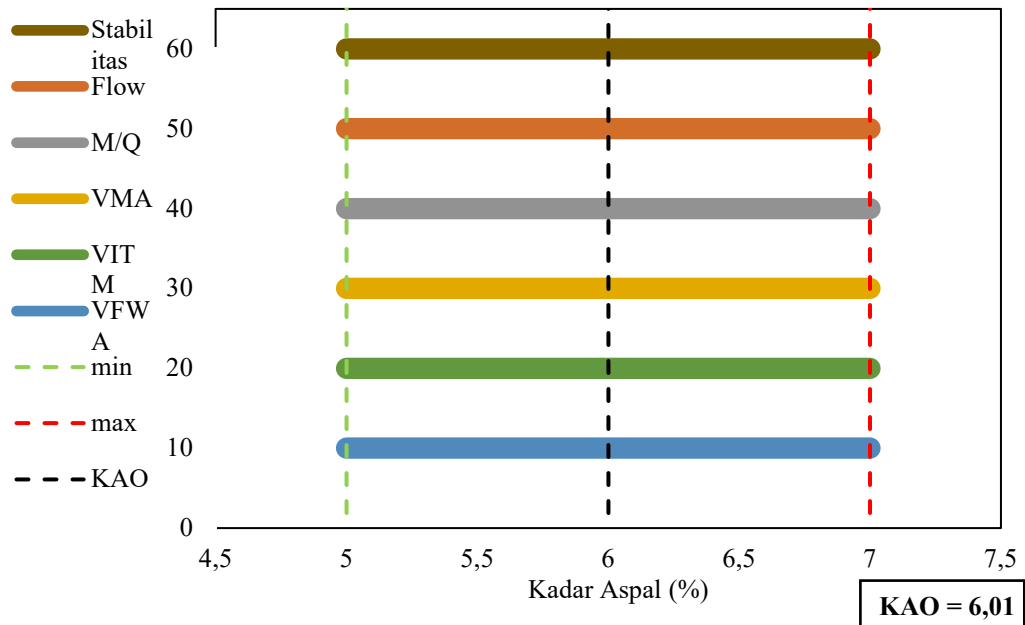
**Gambar 5.11 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 50% dan Pasir Cepu 0%**



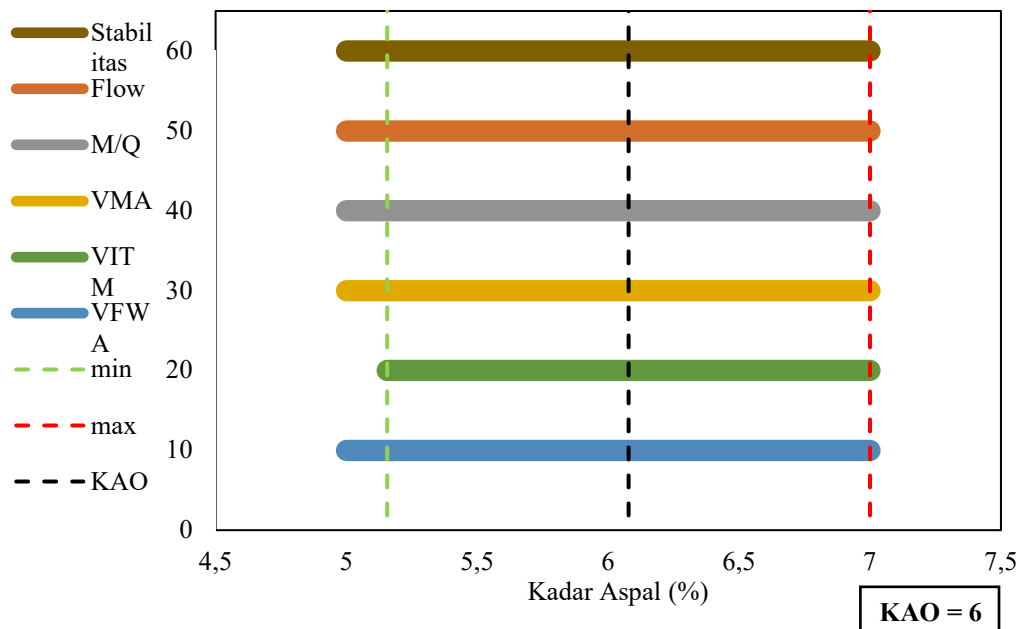
**Gambar 5.12 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 50% dan Pasir Cepu 50%**



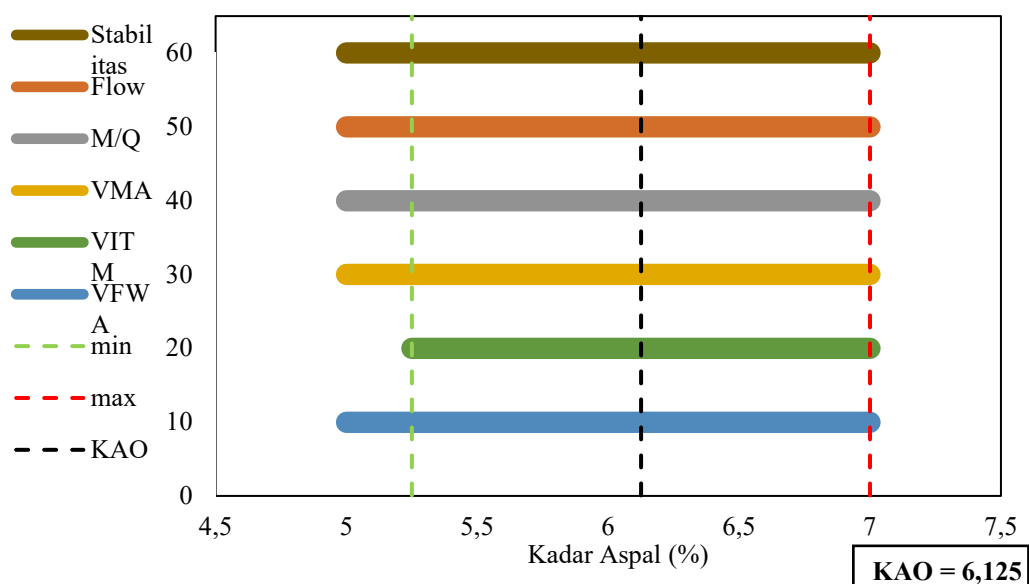
**Gambar 5.13 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 50% dan Pasir Cepu 100%**



**Gambar 5.14 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 100% dan Pasir Cepu 0%**



**Gambar 5.15 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 100% dan Pasir Cepu 50%**



**Gambar 5.16 Penentuan Kadar Aspal Optimum Substitusi Agregat Kasar 100% dan Pasir Cepu 100%**

Dari data di atas dibutuhkan jumlah sampel untuk membuat benda uji setiap kebutuhan KAO. Jumlah sampel uji berdasarkan nilai KAO dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

**Tabel 5.6 Jumlah Sampel Pengujian Berdasarkan Nilai KAO Tiap Campuran**

Campuran		KAO (%)	Uji Marshall	IRS	ITS	Cantabro
Agr.Kasar Granit (%)	Pasir Cepu (%)					
0	0	6,188	3	3	3	3
	50	6,24	3	3	3	3
	100	6,313	3	3	3	3
50	0	6,038	3	3	3	3
	50	6,14	3	3	3	3
	100	6,225	3	3	3	3
100	0	6	3	3	3	3
	50	6,078	3	3	3	3
	100	6,125	3	3	3	3
Total			108			



Total kebutuhan benda uji pada penelitian tugas akhir ini sebanyak 243 buah benda uji. Pedoman pembuatan benda uji berdasarkan pada *AASHTO* T-245-74 dan *ASTM* D-1559-62 T.

### 5.3.2 Kebutuhan Agregat Pada Kadar Aspal Optimum

Berikut ini merupakan kebutuhan agregat pada kadar aspal optimum.

**Tabel 5.7 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6,188%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,29	0	56,29
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,72	0	197,01
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,69	0	292,69
4,75	No. 4	64	46	55	45	213,89	0	506,58
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,49	0	681,08
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,46	0	810,54
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,06	0	900,6
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,17	0	973,77
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,66	0	1024,43
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,77	0	1058,2
Pan	Pan	0	0	0	100	67,54	0	1125,74

**Tabel 5.8 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,240%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,26	0	56,26
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,64	0	196,90
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,64	0	292,53
4,75	No. 4	64	46	55	45	213,77	0	506,30
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,39	0	680,70
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,39	0	810,09
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,01	45,005	900,10
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,13	0	973,23
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,63	0	1023,86
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,75	0	1057,61

**Lanjutan Tabel 5.8 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,313%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
Pan	Pan	0	0	0	100	67,51	0	1125,12

**Tabel 5.9 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,313%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,21	0	56,21
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,53	0	196,74
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,56	0	292,31
4,75	No. 4	64	46	55	45	213,61	0	505,91
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,26	0	680,17
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,29	0	809,46
0,6	No. 30	28	12	20	80	89,94	89,94	899,40
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,08	0	972,48
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,59	0	1023,07
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,73	0	1056,80
Pan	Pan	0	0	0	100	67,46	0	1124,25

**Tabel 5.10 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6,038%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,38	0	56,38
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,94	70,47	197,32
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,84	0	293,16
4,75	No. 4	64	46	55	45	214,23	0	507,40
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,77	0	682,17
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,67	0	811,84
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,20	0	902,04
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,29	0	975,33
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,74	0	1026,07

**Lanjutan Tabel 5.10 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6,038%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,83	0	1059,90
Pan	Pan	0	0	0	100	67,65	0	1127,55

**Tabel 5.11 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,140%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,32	0	56,32
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,79	70,40	197,11
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,74	0	292,84
4,75	No. 4	64	46	55	45	214	0	506,84
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,58	0	681,42
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,53	0	810,95
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,11	45,05	901,06
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,21	0	974,27
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,68	0	1024,95
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,79	0	1058,74
Pan	Pan	0	0	0	100	67,58	0	1126,32

**Tabel 5.12 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,225%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,27	0	56,27
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,66	70,33	196,93
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,65	0	292,58
4,75	No. 4	64	46	55	45	213,81	0	506,39
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,42	0	680,81
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,41	0	810,22
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,02	90,02	900,24
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,14	0	973,38

**Lanjutan Tabel 5.12 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,225%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,64	0	1024,02
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,76	0	1057,78
Pan	Pan	0	0	0	100	67,52	0	1125,30

**Tabel 5.13 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 0% Pada Kadar Aspal Optimum 6%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat Tertahan (gr)		Jumlah (gr)
		Max	Min	Lolos	Tertahan			
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,4	0	56,4
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	141	141	197,4
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,88	0	293,28
4,75	No. 4	64	46	55	45	214,32	0	507,6
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,84	0	682,44
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,72	0	812,16
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,24	0	902,4
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,32	0	975,72
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,76	0	1026,48
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,84	0	1060,32
Pan	Pan	0	0	0	100	67,68	0	1128

**Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,078%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan (gr)	Jumlah	
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,35	0	56,35
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,88	0	197,24
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,80	0	293,04
4,75	No. 4	64	46	55	45	214,14	0	507,18
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,69	0	681,87
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,61	0	811,49

**Lanjutan Tabel 5.14 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 50% Pada Kadar Aspal Optimum 6,078%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan (gr)	Jumlah	
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,17	0	901,65
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,26	0	974,91
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,72	0	1025,63
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,81	0	1059,44
Pan	Pan	0	0	0	100	67,62	0	1127,06

**Tabel 5.15 Jumlah Kebutuhan Agregat Pada Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 100% Pada Kadar Aspal Optimum 6,125%**

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen (%)		Berat (gr)		
		Max	Min	Lolos	Tertahan	Tertahan	Jumlah	
25	1"	100	100	100	0	0	0	0
19	3/4"	100	90	95	5	56,32	0	56,32
12,5	1/2"	90	75	82,5	17,5	140,81	0	197,14
9,5	3/8"	82	66	74	26	95,75	0	292,89
4,75	No. 4	64	46	55	45	214,03	0	506,92
2,36	No. 8	49	30	39,5	60,5	174,61	0	681,53
1,18	No. 16	38	18	28	72	129,55	0	811,08
0,6	No. 30	28	12	20	80	90,12	0	901,2
0,3	No 50	20	7	13,5	86,5	73,22	0	974,42
0,15	No. 100	13	5	9	91	50,69	0	1025,11
0,075	No. 200	8	4	6	94	33,79	0	1058,91
Pan	Pan	0	0	0	100	67,59	0	1126,5

### 5.3.3 Pengujian Campuran AC-BC Pada KAO Menggunakan Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Sebagai Substitusi Pengganti

Pengujian campuran AC-BC menggunakan substitusi batu granit sebagai agregat kasar pengganti dan pasir Cepu sebagai agregat halus pengganti pada kadar aspal optimum berupa pengujian *Marshall Standard*, *Index of Retained Strength*, *Indirect Tensile Strength*, dan *Cantabro*. Adapun hasil dari masing-masing pengujian sebagai berikut.

1. Penggunaan granit dan pasir Cepu pada Pengujian *Marshall Standard*

Hasil pengujian *Marshall standard* pada kadar aspal optimum tiap variasi substitusi batu granit dan pasir Cepu dapat dilihat pada Lampiran 25 atau dapat dilihat juga pada Tabel 5.16 berikut.

**Tabel 5.16 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu**

Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (kg/mm)	VITM (%)	VFWA (%)	VMA (%)	Densitas (gr/cc)
0	0	1116,25	3,43	325,77	4,49	74,85	17,84	2,242
	50	1108,17	3,52	314,54	4,52	74,76	17,89	2,226
	100	1072,93	3,63	295,9	4,79	73,79	18,26	2,218
50	0	1297,12	3,19	406,6	4,36	75,12	17,51	2,264
	50	1232,13	3,42	361,3	4,4	75,12	17,67	2,246
	100	1211,24	3,51	345,43	4,64	74,28	18,05	2,238
100	0	1346,94	3,16	426,79	3,8	77,61	16,95	2,278
	50	1258,7	3,32	379,51	3,88	77,32	17,11	2,261
	100	1218,78	3,45	353,56	4,22	75,88	17,49	2,251
BINA MARGA		>800	2-4	>250	3-5	>65	>14	>2

2. Penggunaan Batu Granit dan Pasir Cepu pada Pengujian *Index of Retained Strength*

Hasil pengujian *Index of Retained Strength* pada kadar aspal optimum tiap variasi substitusi batu granit dan pasir Cepu sebagai agregat pengganti dapat dilihat pada Lampiran 26 atau dapat dilihat juga pada Tabel 5.17 berikut.

**Tabel 5.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian *IRS* pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu**

Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	KAO (%)	Stabilitas Marshall I	Stabilitas Marshall II	Nilai IRS	IRS %
0	0	6,18	1116,25	1051,69	0,9422	94,22
	50	6,24	1108,17	1037,47	0,9362	93,62
	100	6,31	1072,93	990,82	0,9235	92,35

**Lanjutan Tabel 5.17 Rekapitulasi Hasil Pengujian IRS pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu**

Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	KAO (%)	Stabilitas Marshall I	Stabilitas Marshall II	Nilai IRS	IRS %
50	0	6,04	1297,12	1246,59	0,961	96,1
	50	6,14	1232,13	1173,2	0,9522	95,22
	100	6,225	1211,24	1151,48	0,9507	95,07
100	0	6	1346,94	1323,47	0,9826	98,26
	50	6,08	1258,7	1220,08	0,9693	96,93
	100	6,125	1218,74	1160,9	0,9525	95,25

3. Uji *Indirect Tensile Strength* menggunakan Batu Granit dan Pasir Cepu

Hasil uji *Indirect Tensile Strength* pada kadar aspal optimum disetiap variasi substitusi agregat kasar dan agregat halus pengganti dapat dilihat pada Lampiran 27 atau dapat dilihat juga pada Tabel 5.18 berikut.

**Tabel 5.18 Rekapitulasi Hasil Pengujian ITS pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu**

Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	KAO (%)	ITS (Kg/Cm <sup>2</sup> )
0	0	6,188	27,53
	50	6,24	26,9
	100	6,313	26,03
50	0	6,038	29,3
	50	6,14	28,83
	100	6,225	27,96
100	0	6	31,49
	50	6,078	30,25
	100	6,125	29,42

#### 4. Uji *Cantabro* menggunakan Batu Granit dan Pasir Cepu

Hasil uji *Cantabro* pada kadar aspal optimum tiap variasi substitusi agregat kasar dan agregat halus pengganti dapat dilihat pada Lampiran 28 atau dapat dilihat juga pada Tabel 5.19 berikut.

**Tabel 5.19 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Cantabro* pada Kadar Aspal Optimum Tiap Substitusi Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu**

Batu Granit (%)	Pasir Cepu (%)	KAO (%)	Kehilangan Berat (%)
0	0	6,188	4,243
	50	6,24	4,319
	100	6,313	4,544
50	0	6,038	4,04
	50	6,14	4,12
	100	6,225	4,33
100	0	6	3,67
	50	6,078	3,84
	100	6,125	3,94

#### 5.3.4 Karakteristik Pengujian Marshall pada KAO dengan Batu Granit dan Pasir Cepu Sebagai Substitusi Agregat Kasar dan Agregat Halus Pengganti

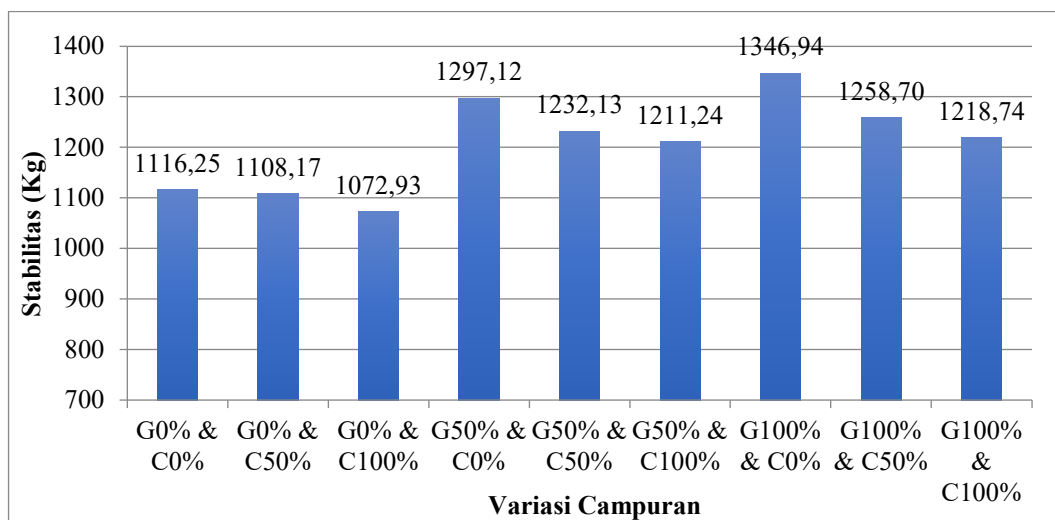
Berdasarkan hasil penelitian di Laboratorium diperoleh nilai berat jenis agregat kasar granit lebih besar dibandingkan agregat kasar Clereng dan nilai berat jenis pasir Cepu lebih kecil dibandingkan agregat halus Clereng, sehingga akan berpengaruh terhadap nilai dalam campuran *AC-BC*.

Berikut ini adalah hasil pengujian campuran *AC-BC* pada KAO menggunakan substitusi agregat kasar granit dan pasir Cepu.

##### 1. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Stabilitas

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil hubungan antara substitusi batu granit dan pasir Cepu dengan nilai stabilitas *Marshall* pada campuran *AC-BC* seperti Gambar 5.17 berikut.





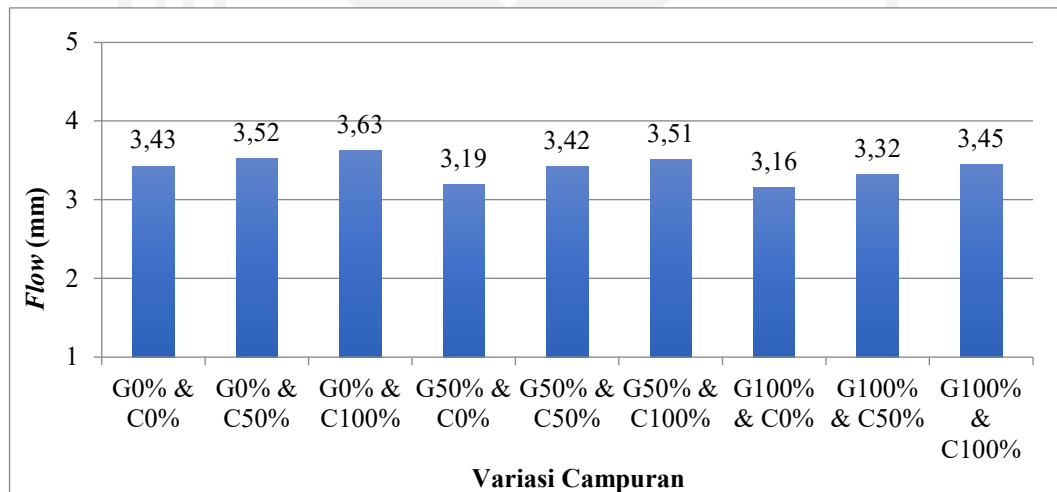
**Gambar 5.17 Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai Stabilitas**

Dari Gambar 5.17 pada campuran agregat kasar granit 0% dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100% diperoleh bahwa campuran yang terdapat pasir Cepu di dalamnya mengakibatkan nilai stabilitas turun, hal ini dikarenakan tekstur permukaan pasir Cepu cenderung lebih halus dibandingkan agregat halus Clereng, butiran yang kecil, dan pasir Cepu memiliki nilai *sand equivalent* yang tinggi sehingga pasir Cepu terdapat banyak kadar pasir yang mengakibatkan pasir Cepu membutuhkan lebih banyak aspal yang dapat mempengaruhi lemahnya *frictional resistance* (tahanan gesek) dan *interlocking* (sifat saling mengunci) antar agregat dalam campuran. Campuran agregat kasar granit 50%, dan pasir Cepu 0% nilai stabilitas naik hal ini dikarenakan penggunaan batu granit dalam campuran memiliki pori yang kecil, dan tekstur permukaan yang licin yang menyebabkan luas permukaan yang harus diselimuti aspal berkurang. Berkurangnya luas permukaan yang diselimuti aspal mengakibatkan nilai stabilitas menjadi naik, sedangkan pada campuran agregat kasar granit 50%, dan pasir Cepu 50%, dan 100% mengakibatkan nilai stabilitas turun. Hal ini dikarenakan pasir Cepu membutuhkan jumlah aspal yang banyak sehingga mengakibatkan lemahnya *interlocking* antar campuran. Pada campuran agregat kasar granit 100%, pasir Cepu 0% nilai stabilitas

semakin naik, hal ini dikarenakan batu granit memiliki pori yang kecil, tekstur permukaan yang licin sehingga batu granit hanya membutuhkan sedikit aspal untuk menutupi rongga antar campuran yang mana sisa aspalnya dapat membuat campuran menjadi kedap. Hal ini sejalan dengan penelitian (Kurniawan, 2015), semakin tinggi kadar pasir Cepu mengakibatkan nilai stabilitas semakin turun karena bentuknya yang agak bulat dan licin sehingga memiliki *interlocking* yang kecil dan sejalan dengan penelitian (Ayat, 2012), semakin tinggi proporsi campuran batu granit membuat nilai stabilitas semakin bertambah. Hal ini dikarenakan pori agregat kasar granit yang relative kecil sekingga nilai stabilitas bertambah.

## 2. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap nilai *Flow*

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil hubungan antara substitusi batu granit dan pasir Cepu dengan nilai *flow* pada campuran AC-BC seperti Gambar 5.18 berikut.



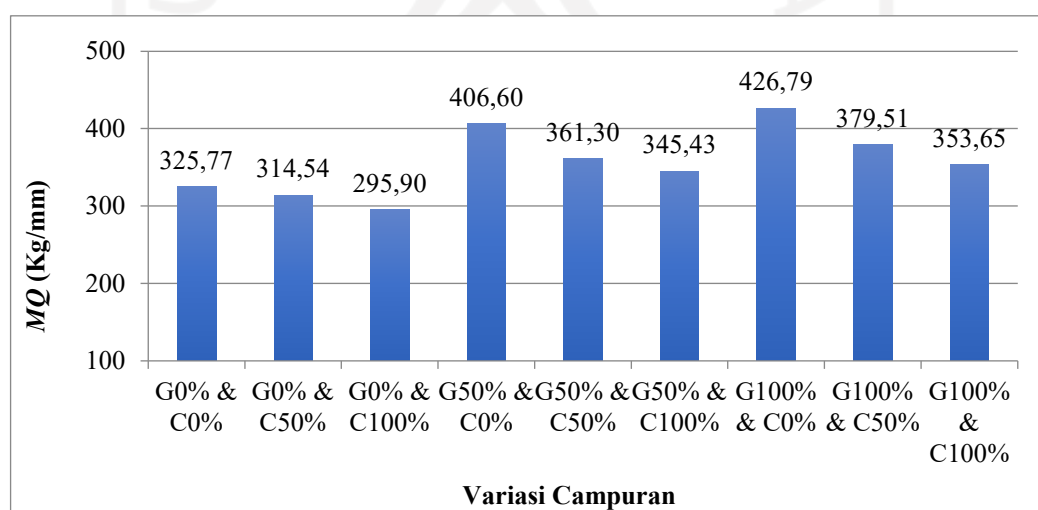
**Gambar 5.18 Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Flow***

Berdasarkan Gambar 5.18 dapat dilihat bahwa pada campuran agregat kasar granit 0%, dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100% nilai *flow* naik, hal ini dikarenakan permukaan pasir Cepu yang lebih halus dibandingkan agregat halus Clereng, butirannya yang kecil, dan memiliki pori yang besar serta

memiliki nilai *sand equivalent* yang tinggi menyebabkan aspal yang menyelimuti luas permukaan agregat menjadi lebih banyak sehingga jumlah aspal yang menyelimuti agregat juga tinggi yang mengakibatkan daya ikat antar campuran berkurang. Pada campuran agregat kasar granit 50%, dan pasir Cepu 0% nilai *flow* turun hal ini dikarenakan batu granit memiliki pori yang kecil, dan tekstur permukaan yang licin sehingga aspal yang menyelimuti luas permukaan agregat berkurang sehingga sisa aspal dapat menutupi pori dan rongga yang tersisa sehingga daya ikat campuran bertambah. Pada campuran agregat kasar granit 100%, dan pasir Cepu 0% nilai *flow* semakin turun karena proporsi agregat yang semakin banyak mengakibatkan sisa kebutuhan agregat bertambah yang mengakibatkan campuran menjadi kedap sehingga memperkuat daya ikat campuran. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ridwan, 2018), nilai *flow* semakin menurun seiring bertambahnya proporsi agregat kasar granit dan juga sejalan dengan penelitian (Kurniawan, 2015) nilai *flow* semakin bertambah seiring bertambahnya proporsi campuran pasir Cepu.

### 3. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap *Marshall Quotient (MQ)*

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil hubungan antara substitusi batu granit dan pasir Cepu dengan nilai *Marshall Quotient (MQ)* pada campuran AC-BC seperti Gambar 5.19 berikut.

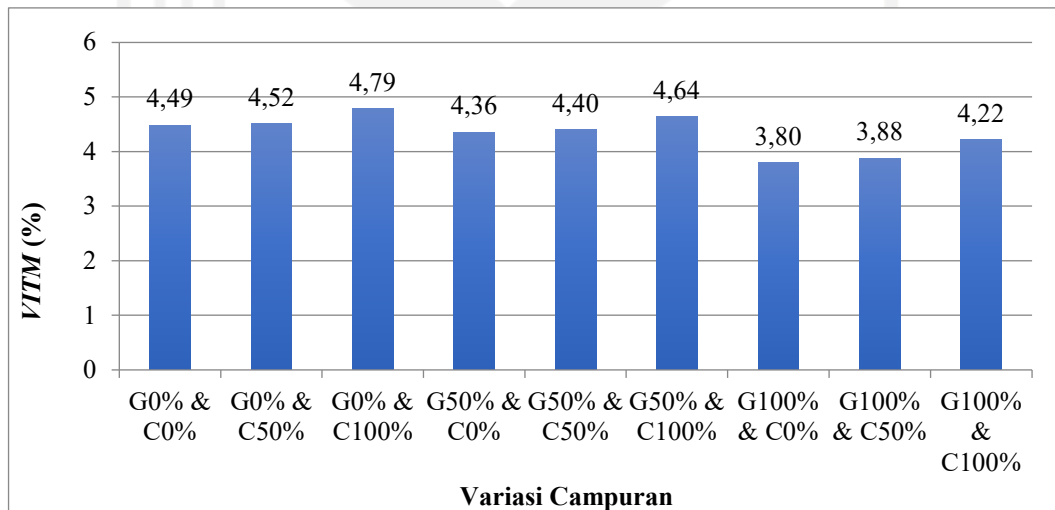


**Gambar 5.19** Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Marshall Quotient (MQ)*

Berdasarkan Gambar 5.19 di atas diperoleh bahwa nilai  $MQ$  yang rendah menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas yang rendah dengan nilai kelelehan yang tinggi mengakibatkan campuran aspal menjadi sangat elastis dan mudah mengalami deformasi. Nilai  $MQ$  yang tinggi menunjukkan bahwa campuran aspal memiliki nilai stabilitas yang tinggi dengan nilai  $flow$  rendah mengakibatkan campuran cenderung kaku dan mudah rusak. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ridwan, 2018) bahwa seiring bertambahnya kadar limbah granit membuat nilai  $MQ$  semakin tinggi dan hasil penelitian mengenai agregat halus Cedu sejalan dengan penelitian (Kurniawan, 2015) bahwa seiring bertambahnya proporsi campuran pasir cedu mengakibatkan nilai  $MQ$  semakin menurun

#### 4. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cedu Terhadap Nilai *Void In The Total Mix (VITM)*

Berikut ini adalah hasil hubungan antara Batu Granit dan Pasir Cedu Terhadap Nilai *Void In The Total Mix (VITM)*



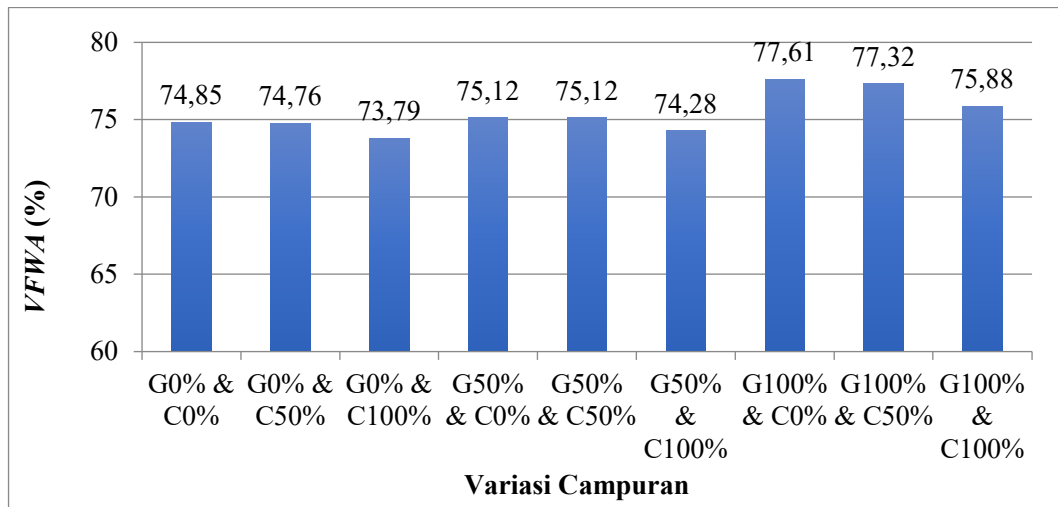
**Gambar 5.20 Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cedu Terhadap Nilai *Void In The Total Mix (VITM)***

Pada campuran agregat kasar granit 0%, dan pasir Cedu 0%, 50%, dan 100% mengakibatkan nilai *void in the total mix (VITM)* naik, hal ini dikarenakan pasir Cedu memiliki pori yang besar, butirannya yang kecil,

tekstur permukaan yang halus, dan nilai *sand equivalent* yang tinggi yang mengakibatkan kebutuhan aspal untuk menyelimuti luas permukaan pasir Cepu lebih tinggi. Tingginya kebutuhan aspal yang diperlukan pasir Cepu mengakibatkan campuran kekurangan bahan pengikat sehingga rongga campuran menjadi besar yang mengakibatkan daya ikat antar campuran turun. Pada campuran batu granit 50%, dan pasir Cepu 0% nilai *VITM* turun, hal ini dikarenakan batu granit memiliki pori yang lebih kecil dan tekstur permukaan yang licin sehingga batu granit tidak banyak membutuhkan aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan agregat. Sisa aspal yang menyelimuti menjadi banyak, sehingga rongga campuran menjadi berkurang. Pada campuran batu granit 50% dan pasir Cepu 50%, dan 100% nilai *VITM* turun hal ini dikarenakan pasir Cepu yang membutuhkan jumlah aspal yang tinggi yang mengakibatkan rongga menjadi besar begitupun dengan campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100%. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ridwan, 2018), nilai *VITM* mengalami penurunan seiring bertambahnya campuran batu granit.

5. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)*

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil hubungan antara substitusi batu granit dan pasir Cepu dengan nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)* pada campuran *AC-BC* seperti Gambar 5.21 berikut.



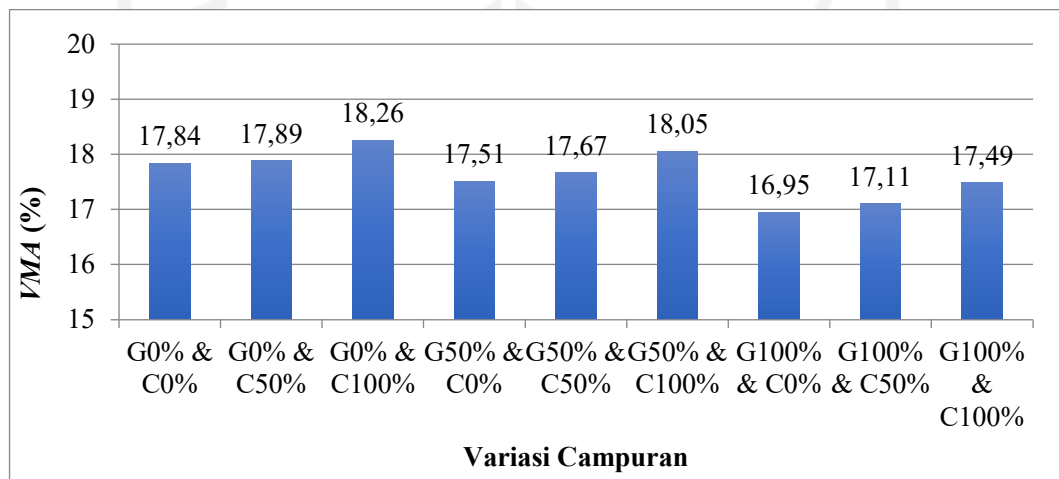
**Gambar 5.21 Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)***

Berdasarkan Gambar 5.21 nilai *Void Filled With Asphalt (VFWA)* pada campuran agregat kasar granit 0% dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100% nilai *VFWA* turun. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki pori yang besar, butirannya yang kecil, tekstur permukaan yang halus dan nilai *sand equivalent* yang tinggi yang mengakibatkan pasir Cepu membutuhkan jumlah aspal yang cukup tinggi agar dapat menyelimuti luas permukaan campuran. Hal ini mengakibatkan sisa aspal pada campuran semakin sedikit sehingga rongga campuran menjadi lebih besar. Campuran agregat kasar granit 50%, dan pasir Cepu 0% mengakibatkan nilai *VFWA* naik, karena batu granit memiliki pori yang kecil, dan tekstur permukaan yang licin sehingga sisa aspal yang menyelimuti permukaan agregat menjadi banyak dan rongga yang terisi aspal juga semakin banyak karena kecilnya pori yang harus diisi oleh aspal. Kecilnya rongga pada agregat kasar granit menyebabkan kebutuhan aspal untuk menyelimuti dan mengisi rongga yang dapat terisi aspal menjadi sedikit yang dapat memperkuat *interlocking* campuran. Pada campuran agregat kasar granit 50% dan pasir Cepu 50%, dan 100% nilai *VFWA* turun. Hal ini dikarenakan kebutuhan aspal pada pasir Cepu yang tinggi mengakibatkan sisa aspal berkurang yang mengakibatkan besarnya rongga antar campuran. Begitupun

pada campuran agregat kasar granit 100% dan pasir Cepu 0% nilai *VFWA* naik, sedangkan pada campuran pasir Cepu 50%, dan 100% nilai *VFWA* turun. Hal ini sejalan dengan penelitian (Ayat, 2012) semakin tinggi proporsi campuran batu granit, nilai *VFWA* juga semakin tinggi.

#### 6. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Void Mineral Agregate (VMA)*

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil hubungan antara substitusi batu granit dan pasir Cepu dengan nilai *Void Mineral Agregate (VMA)* pada campuran AC-BC seperti Gambar 5.22 berikut.



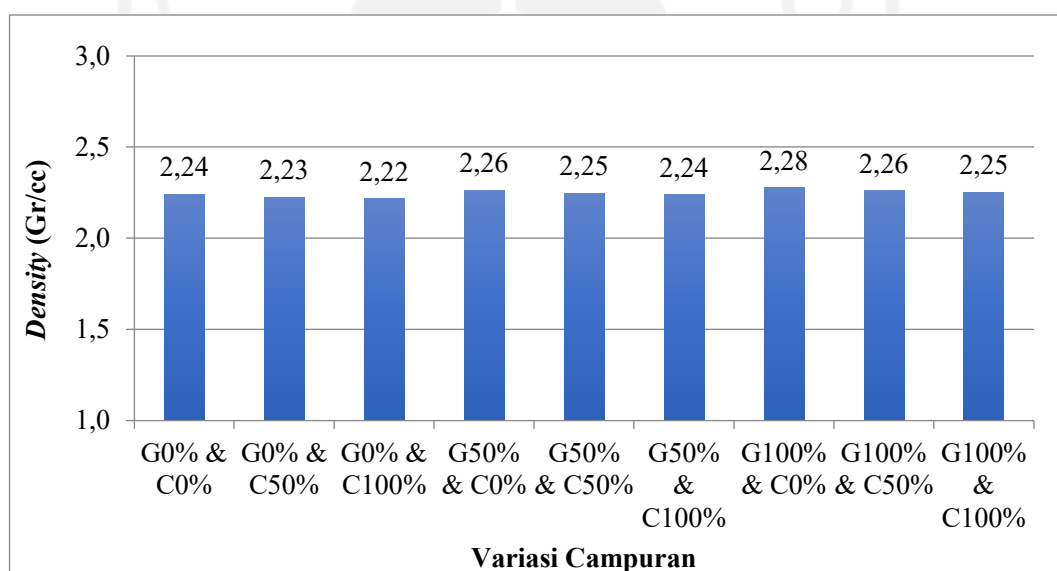
**Gambar 5.22 Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Void Mineral Agregate (VMA)***

Berdasarkan grafik *VMA* di atas, pada campuran batu granit 0% dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100% nilai *VMA* naik. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki pori yang besar, butirannya yang kecil, tekstur permukaan yang halus dan nilai *sand equivalent* yang tinggi mengakibatkan sisa aspal yang menyelimuti agregat berkurang, sehingga presentase rongga diantara mineral agregat pada campuran semakin besar. Pada campuran granit 50% dan pasir Cepu 0% nilai *VMA* turun, hal ini dikarenakan batu granit memiliki tekstur permukaan yang licin, dan pori yang kecil mengakibatkan jumlah aspal yang diserap lebih sedikit yang menyebabkan sisa aspal yang menyelimuti agregat bertambah. Bertambahnya sisa aspal inilah yang mempresentasikan rongga

antara mineral agregat pada campuran semakin kecil, sedangkan pada campuran batu granit 50%, dan pasir Cepu 50%, 100% nilai *VMA* naik. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki pori dan nilai *sand equivalent* yang tinggi. Pada campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% nilai *VMA* turun, sedangkan pada campuran agregat kasar batu granit 100% dan pasir Cepu 50%, dan 100% nilai *VMA* naik.

#### 7. Pengaruh Campuran Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Density* (Kepadatan)

Berdasarkan hasil pengujian, diperoleh hasil hubungan antara substitusi batu granit dan pasir Cepu dengan nilai *density* (kepadatan) pada campuran AC-BC seperti Gambar 5.23 berikut.



**Gambar 5.23 Grafik Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Density* (Kepadatan)**

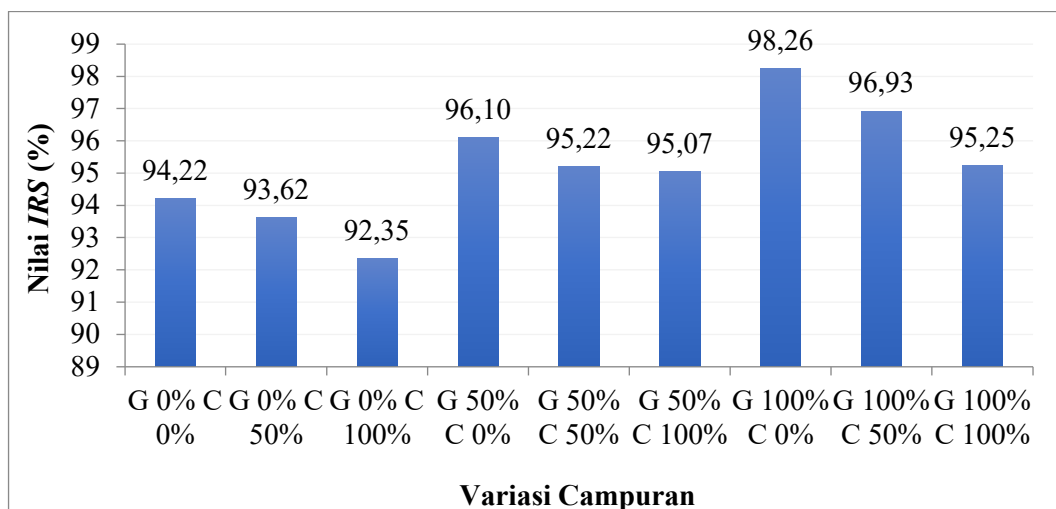
Campuran batu granit 0% dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100% mengakibatkan nilai *density* turun. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki pori yang besar, butirannya yang kecil, tekstur permukaan yang halus dan nilai *sand equivalent* yang tinggi menyebabkan pasir Cepu membutuhkan lebih banyak aspal untuk dapat menyelimuti luas permukaan agregat. Berkurangnya sisa aspal ini dapat mengakibatkan nilai *density* turun sehingga campuran menjadi porus dan mudah rapuh. Pada campuran batu granit 50% dan pasir



Cepu 0% mengakibatkan nilai *density* naik. Hal ini dikarenakan permukaan agregat kasar granit yang licin, serta berpori kecil sehingga hanya membutuhkan sedikit aspal untuk dapat menyelimuti luas permukaan campuran yang menyebabkan aspal semakin banyak menyelimuti permukaan agregat dan membuat *film* aspal menjadi tebal. Batu granit memiliki pori yang relative kecil sehingga dapat menambah daya ikat antar campuran dan campuran menjadi menjadi lebih padat. Pada campuran granit 50% dan pasir Cepu 50%, dan 100% nilai *density* turun, hal ini dikarenakan pasir Cepu yang membutuhkan jumlah aspal yang lebih tinggi untuk dapat menyelimuti luas permukaan yang mengakibatkan tipisnya *film* aspal sehingga campuran menjadi porus. Pada campuran agregat kasar granit 100% dan pasir Cepu 0% nilai *density* naik, tetapi nilai *density* turun ketika campuran kasar granit 100% dan pasir Cepu 50%, dan 100%. Hal ini sejalan dengan penelitian (Kurniawan, 2015), nilai *density* semakin turun dikarenakan adanya campuran pasir Cepu di dalam campuran yang mana agregat halus Cepu memiliki daya serap yang tinggi mengakibatkan cukup banyak memerlukan aspal dan hal ini juga sejalan dengan penelitian (Ayat, 2012) bahwa semakin tinggi campuran granit maka nilai kepadatan semakin besar.

#### 5.3.5 *Index of Retained Strength*

Hasil perbandingan antara nilai stabilitas *Marshall Standard* dan *Marshall* 24 jam ialah persentase kekuatan yang dihasilkan untuk mengukur kekuatan sisa (*Index of Retained Strength*). Hasil pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.24 berikut.



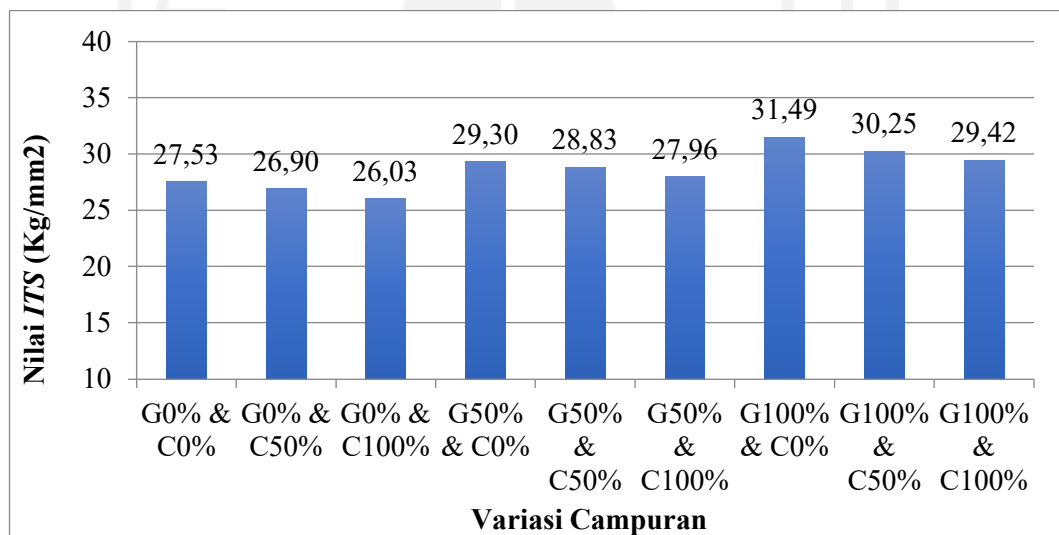
**Gambar 5.24 Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Terhadap Nilai *Index of Retained Strength (IRS)***

Berdasarkan grafik di atas, diketahui bahwa pada campuran agregat kasar granit 0% dan pasir Cepu 0%, 50%, dan 100% mengakibatkan nilai *IRS* turun. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki pori yang besar, butirannya yang halus dan kadar pasir yang tinggi, sehingga pasir Cepu membutuhkan aspal yang cukup tinggi untuk dapat menyelimuti pori-pori campuran yang menyebabkan *interlocking* antar campuran berkurang dan juga lamanya perendaman mempengaruhi nilai *IRS*, sehingga ketika dibebani variasi campuran ini menjadi mudah rusak. Pada campuran agregat kasar granit 50% dan pasir Cepu 0% mengakibatkan nilai *IRS* naik, naiknya nilai *IRS* ini dikarenakan batu granit memiliki pori yang kecil, tekstur permukaan yang halus sehingga ketika dicampur dengan aspal batu granit membutuhkan sedikit aspal untuk dapat menyelimuti luas permukaan campuran yang mengakibatkan sisa aspal yang cukup banyak yang dapat memperkuat *interlocking* antar campuran. Campuran agregat kasar granit 50% dan pasir Cepu 50%, dan 100% mengakibatkan nilai *IRS* turun. Hal ini dikarenakan pasir Cepu membutuhkan jumlah aspal yang lebih banyak sehingga campuran sedikit lebih porus yang mengakibatkan *interlocking* campuran sedikit berkurang. Pada campuran agregat kasar granit 100%, dan pasir Cepu 0% mengakibatkan nilai *IRS* semakin naik, dikarenakan campuran batu granit yang

semakin banyak yang kemudian nilai IRS turun ketika terdapat campuran pasir Cepu. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian (Kurniawan, 2015), nilai *IRS* mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya jumlah campuran agregat halus Cepu di dalam campuran tersebut dan dikarenakan oleh lamanya perendaman.

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

Tujuan dari pengujian *Indirect Tensile Strength (ITS)* ialah untuk memperoleh nilai gaya tarik campuran akibat adanya beban lalu lintas yang dihitung dari puncak beban. Hasil pengujian *ITS* pada aspal pertamina Pen 60/70 dapat dilihat pada Gambar 5.25 berikut.



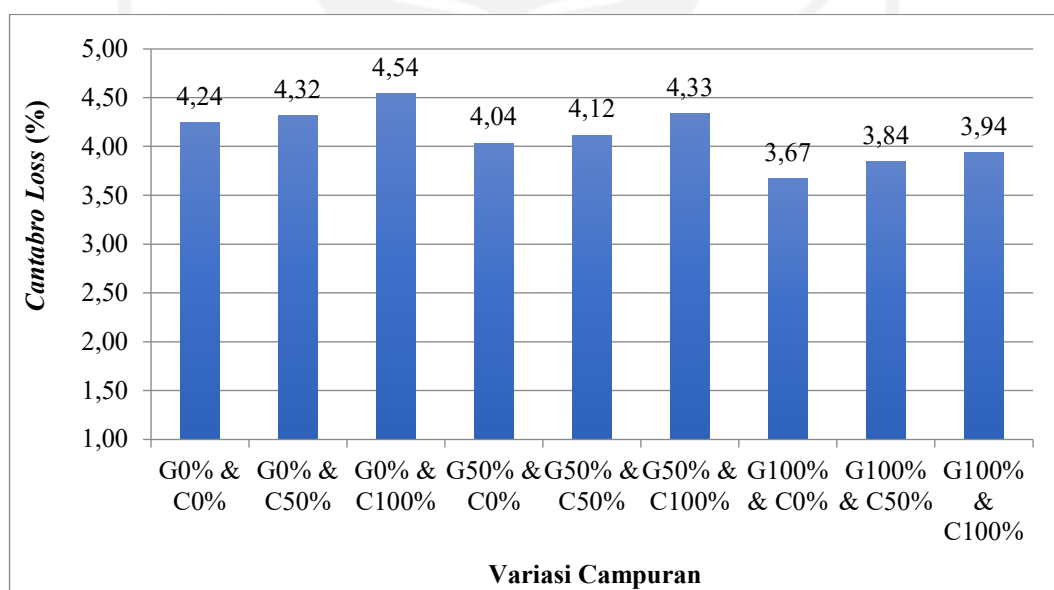
**Gambar 5.25 Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Terhadap *Indirect Tensile Strength (ITS)***

Dari grafik di atas nilai *ITS* turun disaat terdapat campuran pasir Cepu di dalamnya, lalu nilai *ITS* naik ketika di dalam campuran terdapat batu granit. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki butirannya yang lebih kecil dibandingkan agregat halus Clereng, tekstur permukaan yang halus, dan memiliki nilai *sand equivalent* yang tinggi, sehingga pasir Cepu membutuhkan lebih banyak aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan agregat, jadi semakin banyak campuran pasir Cepu yang digunakan di dalam campuran tersebut mengakibatkan pori yang terdapat di dalam campuran semakin mengecil tetapi campuran mudah lepas

ketika adanya gaya tarik. Batu granit dapat menaikkan nilai *ITS* karena memiliki pori yang kecil, tekstur permukaan yang halus, sehingga batu granit membutuhkan jumlah aspal yang lebih sedikit agar dapat menyelimuti luas permukaan, dan batu granit merupakan bebatuan yang lebih kuat dibandingkan dengan bebatuan yang lainnya.

### 5.3.7 Pengujian *Cantabro*

Tujuan pengujian *cantabro* ialah untuk mengetahui ketahanan campuran perkerasan terhadap disintegrasi ketika dibebani, pengujian ini menggunakan mesin *Los Angeles*. Uji *Cantabro* dilakukan dengan memasukkan benda uji kedalam mesin *Los Angeles* setelah benda uji dimasukkan kedalam mesin, *setting* alat sebanyak sebanyak 300 putaran tanpa diberi bola baja di dalamnya. Uji *Cantabro* ini memberikan gambaran ketahanan perkerasan menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Hasil pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.26 berikut.



**Gambar 5.26 Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Terhadap *Cantabro***

Dari grafik di atas nilai *Cantabro* mengalami kenaikan pada campuran yang terdapat pasir Cepu dan mengalami penurunan ketika terdapat campuran batu granit. Hal ini dikarenakan pasir Cepu memiliki butiran yang kecil, nilai *sand*

*equivalent* tinggi, dan pori yang besar. Ketika campuran yang terdapat pasir Cepu di dalamnya, mengakibatkan kurangnya ikatan antar agregat dan aspal. Ketika diuji *Cantabro* presentase campuran yang hilang cukup tinggi. Sedangkan campuran yang terdapat batu granit nilai *Cantabro* mengalami kenaikan dikarenakan batu granit memiliki pori yang kecil, dan tekstur permukaan yang halus, sehingga dengan pori yang kecil agregat tidak banyak membutuhkan aspal untuk menyelimuti luas permukaan. Hal ini dapat memperkuat ikatan antara agregat dan aspal, karena sisa aspal yang menyelimuti luas agregat dapat memperkuat ikatan antar campuran sehingga ketika campuran tersebut dibebani campuran yang terdapat batu granit tidak mudah rusak.



## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis karakteristik campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* menggunakan variasi substitusi batu granit sebagai pengganti agregat kasar dan pasir Cepu sebagai pengganti agregat halus dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Sifat fisik batu granit dan pasir Cepu sebagai substitusi agregat kasar dan agregat halus Clereng pada campuran AC-BC memenuhi spesifikasi yang disyaratkan Bina Marga 2018.
2. Batu granit memiliki pori yang lebih kecil dibandingkan agregat kasar Clereng, memiliki tekstur permukaan yang licin mengakibatkan batu granit membutuhkan lebih sedikit aspal untuk menyelimuti luas permukaan dibandingkan agregat kasar Clereng, sedangkan pasir Cepu memiliki pori yang lebih besar, tekstur permukaan yang halus, butirannya yang kecil, dan memiliki nilai *sand equivalent* yang tinggi yang mengakibatkan pasir Cepu lebih banyak membutuhkan aspal agar dapat menyelimuti luas permukaan campuran.
3. Seiring bertambahnya presentase agregat kasar batu granit membuat nilai *Stabilitas*, *MQ*, *VFWA*, dan *Density* cenderung mengalami kenaikan. Kenaikan tertinggi terdapat pada campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0% dengan nilai stabilitas = 1346,94 kg,  $MQ = 3,16 \text{ kg/mm}$ ,  $VFWA = 77,61\%$ ,  $density = 2,278\%$ . Sesuai dengan penjelasan sebelumnya, semakin tinggi nilai *Stabilitas*, *MQ*, *VFWA*, dan *Density* maka semakin bagus campuran tersebut. Seiring bertambahnya presentase pasir Cepu membuat nilai *Flow*, *VITM*, dan *VMA* cenderung mengalami penurunan, dengan nilai  $Flow = 3,16 \text{ mm}$ ,  $VITM = 3,80\%$ ,  $VMA = 16,95\%$ , semakin rendah nilai penggunaan pasir Cepu di dalam campuran perkerasan

membuat mutu dan kualitas perkerasan menjadi kurang bagus karena pasir Cepu memiliki daya serap yang cukup tinggi.

4. Nilai IRS tertinggi dengan menggunakan variasi substitusi batu granit dan pasir Cepu sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus berada pada campuran agregat kasar granit 100% dan pasir Cepu 0% yaitu sebesar 98,26%.
5. Penggunaan batu granit dapat membuat nilai ITS naik, apabila ditambah campuran pasir Cepu membuat nilai ITS turun. Nilai ITS tertinggi berada pada campuran agregat kasar granit 100% dan pasir Cepu 0% yaitu sebesar 31,49%.
6. Batu granit membuat nilai *Cantabro* berkurang sedangkan penambahan pasir Cepu di dalam campuran membuat nilai *Cantabro* bertambah. Nilai *Cantabro* terendah berada pada campuran agregat kasar granit 100% dan pasir Cepu 0% yaitu sebesar 3,67%.
7. Berdasarkan hasil penelitian, campuran yang paling efektif untuk digunakan yaitu campuran batu granit 100% dan pasir Cepu 0%. Karena batu granit lebih sedikit membutuhkan aspal, sedangkan pasir Cepu lebih boros aspal. Sehingga penggunaan pasir Cepu secara ekonomi kurang ekonomis.

## 6.2 Saran

Penelitian campuran AC-BC menggunakan batu granit dan pasir Cepu sebagai pengganti agregat kasar dan agregat halus, diperoleh saran sebagai berikut.

1. Disarankan menggunakan variasi substitusi campuran agregat kasar batu granit 100% dan pasir Cepu 0%, karena batu granit memiliki pori yang kecil sehingga tidak terlalu banyak membutuhkan aspal sedangkan pasir Cepu memiliki daya serap terhadap aspal yang cukup tinggi dikarenakan memiliki nilai *sand equivalent* yang tinggi, sehingga pasir Cepu kurang ekonomis untuk digunakan.

2. Perlu diadakan penelitian lebih lanjut mengenai seberapa besar pengaruh penggunaan agregat kasar granit dan pasir Cepu dengan presentase campuran 25%, 75%, dst tetapi tidak hanya pada 1 nomor saringan agregat kasar ataupun agregat halus tetapi 2 nomor saringan atau lebih, untuk memperoleh hasil penelitian yang lebih sempurna.
3. Perlu diperhatikan pukulan alat pemadat dan suhu pemanasan dan pencampuran agregat karena dapat mempengaruhi hasil penelitian.
4. Perlu diperhatikan cara pengadukan saat memanaskan material ataupun campuran agar tidak ada material yang berjatuhan ketika dimasak.





## DAFTAR PUSTAKA

- Fasdarsyah. (2014). Pengaruh Penambahan Filler Granit dan Keramik Pada Campuran LASTON AC-WC Berdasarkan Karakteristik Marshall. *Tugas Akhir* .
- Amal, S. (2015). Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall. *Tugas Akhir*.
- Yasra. (2014). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC). *Tugas Akhir* .
- Alkam, B. (2017). Manfaat Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton.
- Ayat. (2012). Analisis Penggunaan Batu Bara Muda Sebagai Pengganti Batu Granit Untuk Perkerasan Jalan Pada Campuran Aspal AC-BC.
- Ramadhan. (2015). Pengaruh Penggunaan Pasir Pantai Pasir Panjang Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik AC-BC.
- Aditama. (2015). Pengaruh Penggunaan Serbuk Ban Karet Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Karakteristik Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC).
- Hardiyatmo. (2007). *Pemeliharaan Jalan Raya*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Hendarsin, S. L. (2000). *Perencanaan Teknik Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil*. Politeknik Negeri Bandung, Bandung.
- Sukirman, S. (1999). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Kerbs&Walker. (1971). *Highway Material*. (M. Graw, Ed.) New York, USA: Hill Book Company.

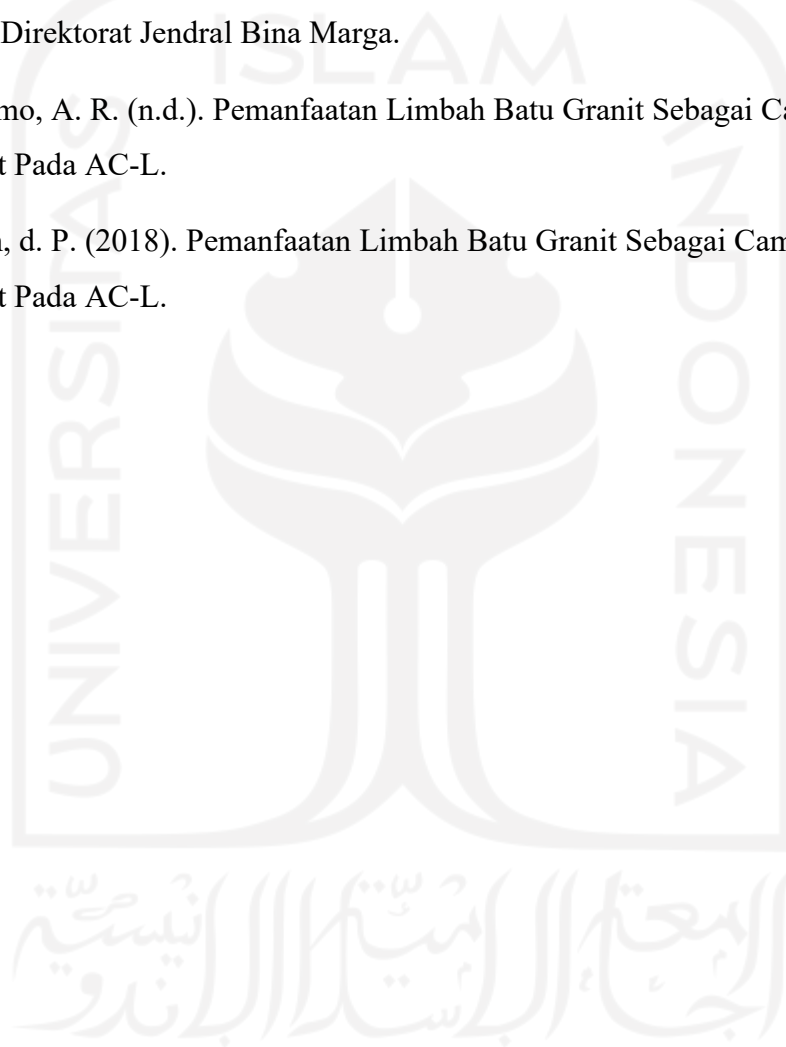
Bulgis, A. (2017). Pemanfaatan Agregat Alami dan Agregat Batu Pecah Sebagai Material Perkerasan Pada Campuran Aspal Beton.

Kurniawan, K. (2015). Perbandingan Karakteristik Marshall Antara Campuran Bron Aspal Yang Menggunakan Agregat Asal Cebu dan Clereng.

Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton. (2018). Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga.

Poernomo, A. R. (n.d.). Pemanfaatan Limbah Batu Granit Sebagai Campuran Agregat Pada AC-L.

Ridwan, d. P. (2018). Pemanfaatan Limbah Batu Granit Sebagai Campuran Agregat Pada AC-L.





# LAMPIRAN



## Lampiran 1 Pemeriksaan Berat Jenis Aspal

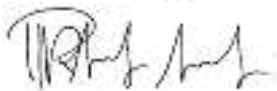
### PEMERIKSAAN BERAT JENIS ASPAL


Material : Aspal Pertamina Pen 60/70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2021

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat viconometer kosong (gr)	13,59	11,77
2	Berat viconometer + aquades (gr)	25,66	23,88
3	Berat aquadest (gr)	12,07	12,11
4	Berat viconometer + aspal (gr)	15,23	13,23
5	Berat aspal (gr)	1,64	1,55
6	Berat viconometer + aspal + aquadest (gr)	25,71	23,95
7	Berat aquadest (gr)	10,48	10,63
8	Volume aspal (gr)	1,59	1,48
9	Berat jenis aspal	1,031	1,047
10	Rata-rata BJ Aspal	1,039	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Peneliti,

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



## 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 : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Keterangan	Pembacaan	
			Waktu	Suhu (°C)
1	Penimbangan	Mulai	10:00	27
2	Pelarutan	Mulai	10:10	27
3	Penyaringan	Mulai	10:13	27
		Selesai	10:15	27
4	Di Oven	Mulai	10:15	110
5	Penimbangan	Mulai	11:25	27

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



## Lanjutan 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 : 2021

#### HASIL PEMERIKSAAN

No.	Pemeriksaan	Benda Uji	
		1	2
1	Berat Erlen Meyer Kosong (Kg)	68,21	73,57
2	Berat Erlen Meyer Kosong+aspal (Kg)	69,44	74,87
3	Berat Aspal (gr) (2-1)	1,23	1,3
4	Berat Kertas Saring Bersih (gr)	0,6	0,61
5	Berat Kertas Saring Bersih+Mineral (gr)	0,61	0,62
6	Berat Mineral (gr) (5-4)	0,01	0,01
7	Prosentase Mineral (6/3x100%)	0,81	0,77
8	Aspal Yang Larut (100%-7)	99,19%	99,23%
9	Rata-Rata Aspal Yang Larut (100%)	99,21%	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



### Lampiran 3 Pemeriksaan Daktilitas

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

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2021

#### 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 Benda Uji	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 Pemeriksaan	Keterangan
1	Sampel 1	164,5 cm	Tidak Putus
2	Sampel 2	164,5 cm	Tidak Putus

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P. ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



## Lampiran 4 Pemeriksaan Titik Nyala Dan Titik Bakar Aspal

### PEMERIKSAAN TITIK NYALA DAN TITIK BAKAR ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb.Suhu	Pemb.Waktu
1	Pemanasan Benda Uji	27	
	Mulai	135	09.00
	Selesai		09.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	135	09.15
	Selesai	27	09.20
3	Diperiksa		
	Mulai	30	09.20
	Selesai	340	09.45

#### HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji	Titik Nyala	Titik Bakar
1	Benda Uji 1	330	340

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)





### Lampiran 5 Pemeriksaan Penetrasi Aspal

#### PEMERIKSAAN PENETRASI ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70

Sumber : Pertamina, Cilacap

Tanggal Uji : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb.Suhu	Pemb.Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27	12.00
	Selesai	130	12.30
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	130	12.30
	Selesai	27	13.00
3	Diperiksa		
	Mulai	27	
	Selesai	27	

#### HASIL PEMERIKSAAN

No.	Benda Uji		Sketsa Pengujian	
	1 (mm)	2 (mm)	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	65	65		
2	65	66		
3	64	63		
4	62	63		
5	63	64		
Rata2	63,8	64,2		

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



## Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

### PEMERIKSAAN TITIK LEMBEK ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb.Suhu	Pemb.Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27	12.30
	Selesai	51	12.45
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	51	12.45
	Selesai	27	13.25
3	Diperiksa		
	Mulai	27	13.25
	Selesai	27	13.50

#### HASIL PENGAMATAN

No.	Suhu Yang diamati	Waktu Pemanasan (Det)		Titik Lembek ( )	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
1	5	330,25	330,25		
2	10	290,41	290,41		
3	15	180,13	180,13		
4	20	171,21	171,21		
5	25	115,3	115,3		

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



### Lanjutan Lampiran 6 Pemeriksaan Titik Lembek Aspal

### PEMERIKSAAN TITIK LEMBЕК ASPAL

Material : Aspal Pertamina Pen 60/70  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2021

No.	Suhu Yang diamati	Waktu Pemanasan (Det)		Titik Lembek (°)	
		Benda Uji 1	Benda Uji 2	Benda Uji 1	Benda Uji 2
6	30	148,5	148,5		
7	35	146,3	146,3		
8	40	148,95	148,95		
9	45	135,26	135,26		
10	50	125,75	125,75	48	48

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



## 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 : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Urutan Pemeriksaan	Pemb.Suhu	Pemb.Waktu
1	Pemanasan Benda Uji		
	Mulai	27	09.00
	Selesai	150	09.15
2	Didiamkan Pada Suhu Ruang		
	Mulai	150	09.15
	Selesai	27	09.20
3	Diperiksa		
	Mulai	27	09.20
	Selesai	27	09.45

#### HASIL PENGAMATAN

No.	Benda Uji	%Terselimuti Aspal	Keterangan
1	Benda Uji 1	96%	Memenuhi
2	Benda Uji 2	97%	Memenuhi
3	Rata-Rata	97%	Memenuhi

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



**Lampiran 8 Pemeriksaan Berat Jenis Filler Clereng**

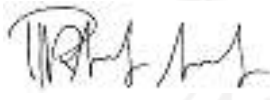
**PEMERIKSAAN BERAT JENIS *FILLER* CLERENG**

Material : *Filler* Clereng  
Sumber : Pertamina, Cilacap  
Tanggal Uji : 2021

**PERSIAPAN PEMERIKSAAN**

No	Pemeriksaan	Sampel	
		1	2
1	Berat vicnometer kosong (gr)	11,85	13,58
2	Berat vicnometer + aquades (gr)	23,89	25,68
3	Berat aquadest (gr)	12,04	12,1
4	Berat vicnometer + Debu Batu (gr)	15	18,06
5	Berat Debu Batu (gr)	3,15	4,48
6	Berat vicnometer + Debu Batu + aquadest (gr)	25,85	28,46
7	Berat aquadest (gr)	10,85	10,4
8	Volume Debu Batu (gr)	1,19	1,7
9	Berat jenis Debu Batu	2,647	2,635
10	Rata-rata BJ Debu Batu	2,641	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



### Lampiran 9 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

#### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR CLERENG

Material : Agregat Kasar Clereng  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No.	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat Benda Uji Dalam Keadaan Basah Jenuh (BJ)	1638,02	1655,29	1646,66
2	Berat Benda Uji Dalam Air (BA)	1008,56	1005,36	1006,96
3	Berat Benda Uji Kering Oven (BK)	1593,68	1606,85	1600,27
4	Berat Jenis ( $Bulk$ ) = $\frac{BK}{(BJ-BA)}$	2,532	2,472	2,502
5	Berat Jenis ( $SSD$ ) = $\frac{BJ}{(BJ-BA)}$	2,602	2,547	2,575
6	Berat Jenis (Semu) = $\frac{BK}{(BK-BA)}$	2,724	2,671	2,698
7	Penyerapan Air = $\frac{BJ-BK}{BK} \times 100\%$	2,150	2,021	2,086
8	Berat Jenis Efektif = $(BJ Bulk + BJ Semu) / 2$	2,628	2,572	
9	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,599		
10	Penyerapan Rata-rata	2,086		

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



## Lampiran 10 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Kasar

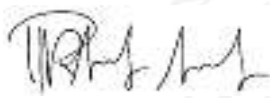
### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR BATU GRANIT

Material : Agregat Kasar Batu Granit  
Sumber : Pakel, Tulungagung  
Tanggal Uji : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Keterangan	Benda Uji (gr)		
		1	2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan basah jenuh (BJ)	1612,54	1600,4	1606,47
2	Berat benda uji alam air (BA)	1000,1	1000,27	1000,19
3	Berat benda uji dikering oven (BK)	1571,38	1562,46	1566,92
4	Berat jenis (Bulk)	2,566	2,604	2,585
5	Berat jenis (SSD)	2,633	2,667	2,650
6	Berat jenis (Semu)	2,751	2,779	2,765
7	Penyerapan air	1,519	1,428	1,474
8	Berat Jenis Efektif = $(BJ\ Bulk + BJ\ Semu) / 2$	2,658	2,691	
9	Berat Jenis Efektif Rata-rata	2,675		
10	Penyerapan Rata-rata	1,474		

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



### Lampiran 11 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

#### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS CLERENG

Material : Agregat Halus Clereng

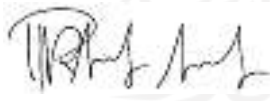
Sumber : Clereng, Kulonprogo

Tanggal Uji : 2021

#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN


No	Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan jenuh (BJ)	500,36	501,18	500,77
2	Berat vicnometer + air (B)	710,3	668,82	689,56
3	Berat vicnometer + air + benda uji (BT)	1024,77	978,54	1001,655
4	Berat benda uji kering oven (BK)	489,21	488,83	489,02
5	Berat jenis (bulk) $(BK/(B+500)-BT)$	2,64	2,57	2,60
6	Berat jenis (SSD) $(500/(B+500)-BT)$	2,69	2,63	2,66
7	Berat jenis (semu) $(BK/B+BK)-BT)$	2,80	2,73	2,76
8	Peyerapan air $(((500-BK)/BK) * 100)$	2,21	2,29	2,25

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)





## Lampiran 12 Pemeriksaan Berat Jenis Agregat Halus

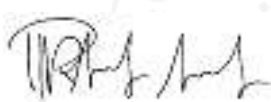
### PEMERIKSAAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS CEPU

Material : Agregat Halus Cepu  
Sumber : Cepu, Blora, Jawa Tengah  
Tanggal Uji : 2021


#### PERSIAPAN PEMERIKSAAN

No	Keterangan	Benda Uji 1	Benda Uji 2	Rata-rata
1	Berat benda uji dalam keadaan jenuh (BJ)	500,84	500,79	500,82
2	Berat viciometer + air (B)	708,11	685,67	696,89
3	Berat viciometer + air + benda uji (BT)	1010,39	997,27	1003,83
4	Berat benda uji kering oven (BK)	489,21	488,83	489,02
5	Berat jenis (bulk) $(BK/(B+500)-BT)$	2,47	2,59	2,53
6	Berat jenis (SSD) $(500/(B+500)-BT)$	2,53	2,65	2,59
7	Berat jenis (semu) $(BK/B+BK)-BT)$	2,62	2,76	2,69
8	Peyerapan air $(((500-BK)/BK) * 100)$	2,38	2,29	2,33

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



**Lampiran 13 Pemeriksaan *Sand Equivalent***

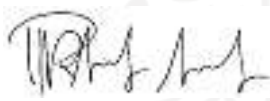
**PEMERIKSAAN SAND EQUIVALENT**

Material : Agregat Halus  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2021

**PERSIAPAN PEMERIKSAAN**

Pemeriksaan Sand Equivalent				
No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl <sub>2</sub> (± 10.1 menit)	Mulai	13.20	13.20
		Selesai	13.30	13.30
2	Waktu pengadapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x dan ditambah larutan CaCl <sub>2</sub> )	Mulai	13.30	13.30
		Selesai	13.33	13.33
3	Clay reading (inch)		4,3	4,8
4	Sand reading		3,3	3,4
5	<i>Sand equivalen</i> ((sand reading/clay reading)*100)		76,744%	70,833%
6	Rata-rata		73,789%	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



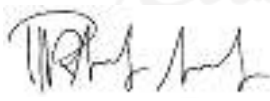
### Lanjutan Lampiran 13 Pemeriksaan *Sand Equivalent*

## PEMERIKSAAN *SAND EQUIVALENT*

Material : Pasir Cepu  
Sumber : Cepu, Blora, Jawa Tengah  
Tanggal Uji : 2021

Pemeriksaan Sand Equivalent Pasir Cepu				
No	Keterangan	Benda Uji		
		1	2	
1	Persiapan dan perendaman benda uji dalam larutan CaCl <sub>2</sub> ( $\pm$ 10.1 menit)	Mulai	13.35	13.35
		Selesai	13.45	13.45
2	Waktu pengadapan (benda uji setelah digojok sebanyak 90x dan ditambah larutan CaCl <sub>2</sub> )	Mulai	14.45	14.45
		Selesai	13.50	13.50
3	<i>Clay reading (inch)</i>		3,2	3,5
4	<i>Sand reading</i>		3	3,6
5	<i>Sand equivalen ((sand reading/clay reading)*100)</i>		93,8%	102,9%
6	Rata-rata		98,3%	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)



### Lampiran 14 Pemeriksaan Keausan Agregat

#### PEMERIKSAAN KEAUSAN AGREGAT (*ABRASI TEST*)

Material : Agregat Kasar  
Sumber : Clereng, Kulonprogo  
Tanggal Uji : 2021

No	Jenis Gradasi		F
	saringan		Benda Uji (gram)
	Lolos	Tertahan	1
1	72.2 mm (3")	63.5 mm (2.5")	
2	63.5 mm (2.5")	50.8 mm (2")	
3	50.8 mm (2")	37.5 mm (1.5")	
4	37.5 mm (1.5")	25.4 mm (1")	
5	25.4 mm (1")	19.0 mm (3/4")	2500
6	19.0 mm (3/4")	12.5 mm (0.5")	2500
7	12.5 mm (0.5")	09.5 mm (3/8")	
8	09.5 mm (3/8")	06.3 mm (1/4")	
9	06.3 mm (1/4")	04.75 mm (No.4)	
10	04.75 mm (No.4)	02.36 mm (No.8)	
11	Jumlah Benda Uji (A)		5000
12	Jumlah Tertahan Di Sieve 12 (B)		3936,5
13	Keausan = $\frac{A-B}{A} \times 100$		21,27%
14	Rata-rata Keausan		21,27%

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Afang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(Nim: 16511207)

**Lampiran 15 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 0%**

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 0% DAN PASIR CEPU 0%**

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFVA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	64,66	5,26	5	1164,08	1176,11	660,17	515,94	2,256	2,385	10,854	83,733	5,413	16,27	66,72	5,41	73	1080,70	0,97	1049,36	3,36	312,31
5B	66,15	5,26	5	1163,4	1175,67	661,4	514,27	2,262	2,385	10,883	83,956	5,162	16,04	67,83	5,16	75	1110,31	0,94	1047,85	3,26	321,43
5C	64,80	5,26	5	1163,22	1176,81	661,81	515	2,259	2,385	10,866	83,824	5,311	16,18	67,17	5,31	75	1110,31	0,97	1074,32	3,34	321,65
								<b>2,259</b>					<b>16,16</b>	<b>67,24</b>	<b>5,30</b>				<b>1057,18</b>	<b>3,32</b>	<b>318,46</b>
5.5A	66,88	5,82	5,5	1162,6	1174,76	658,21	516,55	2,251	2,369	11,910	83,088	5,002	16,91	70,42	5,00	77	1139,92	0,93	1055,09	3,30	319,72
5.5B	66,91	5,82	5,5	1161,26	1173,32	658,43	514,89	2,255	2,369	11,935	83,26	4,806	16,74	71,29	4,81	83	1228,74	0,92	1136,18	3,40	334,17
5.5C	67,03	5,82	5,5	1161,73	1174,19	658,94	515,25	2,255	2,369	11,931	83,235	4,834	16,76	71,17	4,83	78	1154,72	0,92	1064,27	3,38	314,87
								<b>2,254</b>					<b>16,81</b>	<b>70,96</b>	<b>4,88</b>				<b>1085,18</b>	<b>3,36</b>	<b>322,92</b>
6A	65,65	6,38	6	1158,29	1172,16	655,69	516,47	2,243	2,353	12,947	82,355	4,699	17,65	73,37	4,70	82	1213,94	0,95	1152,94	3,40	339,10
6B	68,48	6,38	6	1157,85	1171,66	655,94	515,72	2,245	2,353	12,960	82,443	4,597	17,56	73,82	4,60	83	1228,74	0,89	1089,36	3,42	318,53
6C	66,82	6,38	6	1158,59	1172,24	654,81	517,43	2,239	2,353	12,926	82,223	4,851	17,78	72,71	4,85	84	1243,55	0,93	1152,87	3,45	334,17
								<b>2,242</b>					<b>17,66</b>	<b>73,30</b>	<b>4,72</b>				<b>1131,72</b>	<b>3,42</b>	<b>330,60</b>
6.5A	65,27	6,95	6,5	1156,82	1170,02	653,15	516,87	2,238	2,338	13,997	81,749	4,254	18,25	76,69	4,25	78	1154,72	0,96	1104,78	3,50	315,65
6.5B	66,09	6,95	6,5	1154,82	1168,72	651,77	516,95	2,234	2,338	13,970	81,595	4,434	18,40	75,91	4,43	80	1184,33	0,94	1114,97	3,42	326,02
6.5C	66,01	6,95	6,5	1154,55	1169,6	652,81	516,79	2,234	2,338	13,971	81,602	4,427	18,40	75,94	4,43	79	1169,53	0,94	1102,79	3,59	307,18
								<b>2,235</b>					<b>18,35</b>	<b>76,18</b>	<b>4,37</b>				<b>1107,51</b>	<b>3,50</b>	<b>316,28</b>
7A	65,38	7,53	7	1155,38	1168,43	653,42	515,01	2,243	2,322	15,109	81,504	3,387	18,50	81,69	3,39	76	1125,11	0,95	1074,13	3,55	302,57
7B	65,67	7,53	7	1152,2	1166,46	650,24	516,22	2,232	2,322	15,032	81,089	3,879	18,91	79,49	3,88	78	1154,72	0,95	1096,26	3,64	301,17
7C	66,28	7,53	7	1151,73	1169,5	650,68	518,82	2,220	2,322	14,951	80,65	4,399	19,35	77,26	4,40	77	1139,92	0,94	1069,03	3,60	296,95
								<b>2,232</b>					<b>18,92</b>	<b>79,48</b>	<b>3,89</b>				<b>1079,81</b>	<b>3,60</b>	<b>300,23</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

**Lampiran 16 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 50%**

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 0% DAN PASIR CEPU 50%**

Tanggal Pengujian : 2021


Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.


Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	65,77	5,26	5	1160,26	1180,7	663,26	517,44	2,242	2,371	10,787	83,801	5,412	16,20	66,59	5,41	75	1110,31	0,95	1052,02	3,4	309,42
5B	65,74	5,26	5	1160,5	1181,9	663,5	518,4	2,239	2,371	10,769	83,663	5,568	16,34	65,92	5,57	74	1095,51	0,95	1045,11	3,36	311,05
5C	65,88	5,26	5	1161,17	1181,77	663,53	518,24	2,241	2,371	10,779	83,737	5,484	16,26	66,28	5,48	76	1125,11	0,95	1069,42	3,38	316,40
								<b>2,241</b>					<b>16,27</b>	<b>66,26</b>	<b>5,49</b>				<b>1055,52</b>	<b>3,38</b>	<b>312,29</b>
5.5A	64,71	5,82	5,5	1158,38	1178,82	661,14	517,68	2,238	2,355	11,841	83,186	4,973	16,81	70,42	4,97	77	1139,92	0,97	1105,43	3,42	323,23
5.5B	65,79	5,82	5,5	1158,96	1179,76	662,03	517,73	2,239	2,355	11,846	83,22	4,935	16,78	70,59	4,93	76	1125,11	0,95	1065,55	3,42	311,57
5.5C	66,66	5,82	5,5	1159,11	1178,89	661,12	517,77	2,239	2,355	11,846	83,224	4,930	16,78	70,61	4,93	76	1125,11	0,93	1047,27	3,38	309,84
								<b>2,238</b>					<b>16,79</b>	<b>70,54</b>	<b>4,95</b>				<b>1072,75</b>	<b>3,41</b>	<b>314,88</b>
6A	63,15	6,38	6	1157,13	1177,8	659,15	518,65	2,231	2,339	12,879	82,502	4,619	17,50	73,60	4,62	78	1154,72	1,01	1164,73	3,43	339,57
6B	64,45	6,38	6	1156,24	1178,59	658,84	519,75	2,225	2,339	12,842	82,264	4,894	17,74	72,41	4,89	76	1125,11	0,98	1098,39	3,43	320,23
6C	64,14	6,38	6	1155,82	1176,84	657,78	519,06	2,227	2,339	12,854	82,344	4,802	17,66	72,80	4,80	74	1095,51	0,98	1077,89	3,51	307,09
								<b>2,227</b>					<b>17,63</b>	<b>72,94</b>	<b>4,77</b>				<b>1113,67</b>	<b>3,46</b>	<b>322,30</b>
6.5A	62,38	6,95	6,5	1152,12	1176,52	658,17	518,35	2,223	2,324	13,900	81,755	4,345	18,24	76,19	4,34	73	1080,70	1,03	1111,05	3,55	312,97
6.5B	62,21	6,95	6,5	1153,85	1176,74	657,25	519,49	2,221	2,324	13,890	81,698	4,411	18,30	75,90	4,41	73	1080,70	1,03	1115,46	3,57	312,45
6.5C	63,41	6,95	6,5	1152,67	1175,81	656,7	519,11	2,220	2,324	13,886	81,675	4,439	18,33	75,78	4,44	72	1065,90	1,00	1068,30	3,60	296,75
								<b>2,221</b>					<b>18,29</b>	<b>75,95</b>	<b>4,40</b>				<b>1098,27</b>	<b>3,57</b>	<b>307,39</b>
7A	63,23	7,53	7	1150,67	1175,3	657,29	518,01	2,221	2,308	14,960	81,269	3,771	18,73	79,87	3,77	71	1051,09	1,01	1058,10	3,63	291,49
7B	62,34	7,53	7	1149,24	1174,8	656,76	518,04	2,218	2,308	14,941	81,163	3,896	18,84	79,32	3,90	71	1051,09	1,03	1081,57	3,70	292,32
7C	64,75	7,53	7	1150,22	1174,88	655,18	519,7	2,213	2,308	14,906	80,973	4,121	19,03	78,34	4,12	72	1065,90	0,97	1032,68	3,64	283,70
								<b>2,218</b>					<b>18,86</b>	<b>79,18</b>	<b>3,93</b>				<b>1057,45</b>	<b>3,66</b>	<b>289,17</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lampiran 17 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 0% dan Pasir Cepu 100%

PENGUJIAN *MARSHALL* DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 0% DAN PASIR CEPU 100%

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Binder Course*

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	70,90	5,26	5	1159,17	1180,68	663,14	517,54	2,240	2,371	10,775	83,706	5,519	16,29	66,13	5,52	75	1110,31	0,84	932,59	3,6	259,05
5B	69,82	5,26	5	1160,22	1181,86	663,24	518,62	2,237	2,371	10,762	83,607	5,631	16,39	65,65	5,63	72	1065,90	0,86	918,27	3,43	267,72
5C	67,15	5,26	5	1159,32	1181,72	663,25	518,47	2,236	2,371	10,757	83,567	5,677	16,43	65,46	5,68	70	1036,29	0,92	952,09	3,57	266,69
								<b>2,238</b>					<b>16,37</b>	<b>65,74</b>	<b>5,61</b>				<b>934,32</b>	<b>3,53</b>	<b>264,49</b>
5.5A	67,34	5,82	5,5	1157,06	1177,84	660,78	517,06	2,238	2,355	11,841	83,191	4,968	16,81	70,45	4,97	75	1110,31	0,91	1014,92	3,56	285,09
5.5B	66,55	5,82	5,5	1158,63	1178,91	658,79	520,12	2,228	2,355	11,788	82,814	5,398	17,19	68,59	5,40	77	1139,92	0,93	1063,33	3,54	300,38
5.5C	70,46	5,82	5,5	1157,22	1177,98	659,6	518,38	2,232	2,355	11,813	82,991	5,196	17,01	69,45	5,20	76	1125,11	0,85	954,92	3,62	263,79
								<b>2,233</b>					<b>17,00</b>	<b>69,50</b>	<b>5,19</b>				<b>1011,06</b>	<b>3,57</b>	<b>283,08</b>
6A	64,67	6,38	6	1156,51	1174,86	658,78	516,08	2,241	2,339	12,936	82,869	4,195	17,13	75,51	4,20	74	1095,51	0,97	1063,55	3,63	292,99
6B	63,24	6,38	6	1154,21	1175,69	657,31	518,38	2,227	2,339	12,853	82,337	4,810	17,66	72,77	4,81	75	1110,31	1,01	1117,53	3,58	312,16
6C	63,89	6,38	6	1155,94	1175,67	652,35	523,32	2,209	2,339	12,751	81,682	5,567	18,32	69,61	5,57	75	1110,31	0,99	1099,58	3,61	304,59
								<b>2,225</b>					<b>17,70</b>	<b>72,63</b>	<b>4,86</b>				<b>1093,55</b>	<b>3,61</b>	<b>303,25</b>
6.5A	64,02	6,95	6,5	1154,03	1173,83	654,56	519,27	2,222	2,324	13,898	81,746	4,356	18,25	76,14	4,36	69	1021,48	0,99	1008,21	3,70	272,49
6.5B	62,39	6,95	6,5	1152,59	1173,73	652,24	521,49	2,210	2,324	13,822	81,296	4,882	18,70	73,90	4,88	70	1036,29	1,03	1065,05	3,65	291,79
6.5C	63,50	6,95	6,5	1153,22	1173,53	651,32	522,21	2,208	2,324	13,810	81,228	4,961	18,77	73,57	4,96	70	1036,29	1,00	1036,37	3,61	287,08
								<b>2,214</b>					<b>18,58</b>	<b>74,54</b>	<b>4,73</b>				<b>1036,54</b>	<b>3,65</b>	<b>283,79</b>
7A	63,40	7,53	7	1151,34	1170,35	649,23	521,12	2,209	2,308	14,880	80,831	4,289	19,17	77,62	4,29	65	962,27	1,00	964,59	3,78	255,18
7B	64,39	7,53	7	1150,59	1169,8	648,95	520,85	2,209	2,308	14,878	80,82	4,302	19,18	77,57	4,30	66	977,07	0,98	955,41	3,75	254,78
7C	66,17	7,53	7	1152,56	1171,35	649,44	521,91	2,208	2,308	14,873	80,794	4,333	19,21	77,44	4,33	66	977,07	0,94	918,39	3,80	241,68
								<b>2,209</b>					<b>19,18</b>	<b>77,54</b>	<b>4,31</b>				<b>946,13</b>	<b>3,78</b>	<b>250,55</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lampiran 18 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 0%

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 50% DAN PASIR CEPU 0%**

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	65,43	5,26	5	1167,7	1168,11	655,79	512,32	2,279	2,401	10,965	83,977	5,058	16,02	68,43	5,06	85	1258,35	0,95	1200,15	3	400,05
5B	65,44	5,26	5	1167,6	1168,17	654,93	513,24	2,275	2,401	10,944	83,819	5,237	16,18	67,64	5,24	83	1228,74	0,95	1169,15	3	389,72
5C	64,55	5,26	5	1167,7	1168,22	655,95	512,27	2,279	2,401	10,965	83,98	5,055	16,02	68,45	5,05	84	1243,55	0,97	1210,80	3,2	378,37
								<b>2,278</b>					<b>16,07</b>	<b>68,17</b>	<b>5,12</b>				<b>1193,37</b>	<b>3,07</b>	<b>389,38</b>
5.5A	65,01	5,82	5,5	1165,3	1166,36	652,71	513,65	2,269	2,384	12,005	83,144	4,852	16,86	71,22	4,85	88	1302,76	0,96	1253,58	2,98	420,67
5.5B	65,50	5,82	5,5	1165,4	1166,22	653,67	512,55	2,274	2,384	12,031	83,327	4,642	16,67	72,16	4,64	86	1273,15	0,95	1212,60	3,31	366,34
5.5C	65,15	5,82	5,5	1164,8	1165,19	653,52	511,67	2,276	2,384	12,046	83,428	4,526	16,57	72,69	4,53	87	1287,96	0,96	1235,15	3,00	411,72
								<b>2,273</b>					<b>16,70</b>	<b>72,02</b>	<b>4,67</b>				<b>1233,78</b>	<b>3,10</b>	<b>399,58</b>
6A	65,19	6,38	6	1162	1164,36	650,7	513,66	2,262	2,368	13,059	82,466	4,475	17,53	74,48	4,47	90	1332,37	0,96	1276,83	3,30	386,92
6B	63,93	6,38	6	1161,3	1162,26	651,76	510,5	2,275	2,368	13,132	82,928	3,941	17,07	76,92	3,94	89	1317,57	0,99	1303,40	3,00	434,47
6C	63,69	6,38	6	1160,9	1163,24	650,05	513,19	2,262	2,368	13,058	82,463	4,479	17,54	74,46	4,48	94	1391,59	1,00	1384,98	3,20	432,81
								<b>2,266</b>					<b>17,38</b>	<b>75,29</b>	<b>4,30</b>				<b>1321,74</b>	<b>3,17</b>	<b>418,06</b>
6.5A	65,22	6,95	6,5	1160,7	1163,02	649,98	513,04	2,262	2,352	14,148	82,034	3,818	17,97	78,75	3,82	85	1258,35	0,96	1205,26	3,16	381,41
6.5B	63,13	6,95	6,5	1157,5	1160,72	648,84	511,88	2,261	2,352	14,142	82	3,858	18,00	78,57	3,86	80	1184,33	1,01	1195,19	2,79	428,38
6.5C	65,30	6,95	6,5	1158,2	1161,1	647,52	513,58	2,255	2,352	14,103	81,774	4,123	18,23	77,38	4,12	83	1228,74	0,96	1174,98	4,10	286,58
								<b>2,260</b>					<b>18,06</b>	<b>78,23</b>	<b>3,93</b>				<b>1191,81</b>	<b>3,35</b>	<b>365,46</b>
7A	68,04	7,53	7	1154,3	1159,13	645,88	513,25	2,249	2,336	15,147	81,116	3,737	18,88	80,21	3,74	82	1213,94	0,90	1088,19	3,50	310,91
7B	69,75	7,53	7	1153,7	1157,46	644,74	512,72	2,250	2,336	15,155	81,16	3,685	18,84	80,44	3,69	84	1243,55	0,86	1072,95	3,60	298,04
7C	59,43	7,53	7	1156,3	1158,5	644,42	514,08	2,249	2,336	15,149	81,128	3,724	18,87	80,27	3,72	82	1213,94	1,12	1356,07	3,17	427,78
								<b>2,250</b>					<b>18,87</b>	<b>80,31</b>	<b>3,72</b>				<b>1172,40</b>	<b>3,42</b>	<b>345,58</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)



Lampiran 19 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 50%

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 50% DAN PASIR CEPU 50%**

Tanggal Pengujian : 2021

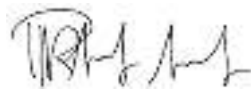
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	67,28	5,26	5	1164,61	1172,11	658,73	513,38	2,269	2,386	10,913	84,163	4,925	15,84	68,91	4,92	85	1258,35	0,92	1152,02	3,28	351,23
5B	67,46	5,26	5	1165,21	1173,93	656,84	517,09	2,253	2,386	10,840	83,602	5,558	16,40	66,11	5,56	85	1258,35	0,91	1146,36	3,32	345,29
5C	66,76	5,26	5	1166,25	1174,96	657,71	517,25	2,255	2,386	10,847	83,65	5,503	16,35	66,34	5,50	84	1243,55	0,93	1154,63	3,19	361,95
								<b>2,259</b>					<b>16,20</b>	<b>67,12</b>	<b>5,33</b>				<b>1151,00</b>	<b>3,26</b>	<b>352,82</b>
5.5A	62,42	5,82	5,5	1162,93	1169,74	655,8	513,94	2,263	2,370	11,974	83,508	4,518	16,49	72,60	4,52	81	1199,13	1,03	1231,51	3,34	368,72
5.5B	63,80	5,82	5,5	1163,53	1169,97	654,74	515,23	2,258	2,370	11,950	83,342	4,708	16,66	71,74	4,71	82	1213,94	0,99	1204,73	3,29	366,18
5.5C	64,24	5,82	5,5	1162,16	1169,3	653,6	515,7	2,254	2,370	11,925	83,168	4,907	16,83	70,85	4,91	81	1199,13	0,98	1176,85	3,31	355,54
								<b>2,258</b>					<b>16,66</b>	<b>71,73</b>	<b>4,71</b>				<b>1204,36</b>	<b>3,31</b>	<b>363,48</b>
6A	62,64	6,38	6	1162,85	1168,13	653,14	514,99	2,258	2,354	13,035	82,891	4,074	17,11	76,19	4,07	87	1287,96	1,02	1315,54	3,25	404,78
6B	64,32	6,38	6	1161,82	1170,26	650,44	519,82	2,235	2,354	12,902	82,048	5,050	17,95	71,87	5,05	88	1302,76	0,98	1275,95	3,53	361,46
6C	64,01	6,38	6	1161,53	1166,93	651,32	515,61	2,253	2,354	13,004	82,697	4,298	17,30	75,16	4,30	86	1273,15	0,99	1257,03	3,41	368,63
								<b>2,249</b>					<b>17,45</b>	<b>74,40</b>	<b>4,47</b>				<b>1282,84</b>	<b>3,40</b>	<b>378,29</b>
6.5A	62,97	6,95	6,5	1160,26	1167,69	650,37	517,32	2,243	2,338	14,026	81,896	4,078	18,10	77,47	4,08	77	1139,92	1,01	1155,12	3,63	318,21
6.5B	61,99	6,95	6,5	1158,31	1165,87	651,2	514,67	2,251	2,338	14,075	82,179	3,746	17,82	78,98	3,75	78	1154,72	1,04	1198,22	3,20	374,44
6.5C	62,82	6,95	6,5	1158,13	1169,19	649	520,19	2,226	2,338	13,923	81,294	4,782	18,71	74,43	4,78	75	1110,31	1,02	1129,28	3,54	319,00
								<b>2,240</b>					<b>18,21</b>	<b>76,96</b>	<b>4,20</b>				<b>1160,87</b>	<b>3,46</b>	<b>337,22</b>
7A	63,01	7,53	7	1157,3	1165,63	648,89	516,74	2,240	2,323	15,083	81,341	3,575	18,66	80,84	3,58	76	1125,11	1,01	1138,99	3,44	331,10
7B	61,76	7,53	7	1156,55	1165,36	648,52	516,84	2,238	2,323	15,071	81,273	3,657	18,73	80,47	3,66	77	1139,92	1,04	1190,62	3,65	326,20
7C	62,77	7,53	7	1156,49	1167,69	646,89	520,8	2,221	2,323	14,955	80,651	4,394	19,35	77,29	4,39	73	1080,70	1,02	1100,51	3,42	321,79
								<b>2,233</b>					<b>18,91</b>	<b>79,53</b>	<b>3,88</b>				<b>1143,37</b>	<b>3,50</b>	<b>326,36</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya



Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,



Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

**Lampiran 20 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 50% dan Pasir Cepu 100%**

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 50% DAN PASIR CEPU 100%**

Tanggal Pengujian : 2021

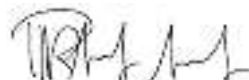
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course


Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	62,71	5,26	5	1164,61	1173,7	659,54	514,16	2,265	2,386	10,896	84,035	5,069	15,97	68,25	5,07	75	1110,31	1,02	1132,24	3,33	340,01
5B	63,89	5,26	5	1163,21	1174,68	658,12	516,56	2,252	2,386	10,833	83,544	5,623	16,46	65,83	5,62	74	1095,51	0,99	1084,92	3,35	323,86
5C	63,59	5,26	5	1163,25	1172,54	656,58	515,96	2,255	2,386	10,846	83,644	5,510	16,36	66,31	5,51	77	1139,92	1,00	1137,45	3,25	349,98
								<b>2,257</b>					<b>16,26</b>	<b>66,80</b>	<b>5,40</b>				<b>1118,20</b>	<b>3,31</b>	<b>337,95</b>
5.5A	65,39	5,82	5,5	1161,78	1171,11	656,28	514,83	2,257	2,370	11,941	83,281	4,778	16,72	71,42	4,78	81	1199,13	0,95	1144,57	3,37	339,64
5.5B	65,33	5,82	5,5	1161,86	1171,22	655,76	515,46	2,254	2,370	11,928	83,185	4,888	16,82	70,93	4,89	83	1228,74	0,96	1174,37	3,38	347,45
5.5C	64,97	5,82	5,5	1162,79	1172,14	655,39	516,75	2,250	2,370	11,907	83,044	5,049	16,96	70,22	5,05	77	1139,92	0,96	1097,93	3,41	321,97
								<b>2,254</b>					<b>16,83</b>	<b>70,86</b>	<b>4,90</b>				<b>1138,96</b>	<b>3,39</b>	<b>336,35</b>
6A	64,30	6,38	6	1158,89	1169,81	652,67	517,14	2,241	2,354	12,936	82,265	4,799	17,73	72,94	4,80	85	1258,35	0,98	1233,29	3,45	357,47
6B	64,91	6,38	6	1158,4	1168,49	651,85	516,64	2,242	2,354	12,943	82,31	4,747	17,69	73,17	4,75	86	1273,15	0,96	1228,28	3,57	344,05
6C	63,49	6,38	6	1159,54	1169,67	652,95	516,72	2,244	2,354	12,954	82,378	4,668	17,62	73,51	4,67	85	1258,35	1,00	1258,56	3,46	363,75
								<b>2,242</b>					<b>17,68</b>	<b>73,21</b>	<b>4,74</b>				<b>1240,04</b>	<b>3,49</b>	<b>355,09</b>
6.5A	62,62	6,95	6,5	1155,63	1166,83	650,1	516,73	2,236	2,338	13,986	81,662	4,352	18,34	76,27	4,35	80	1184,33	1,02	1210,39	3,54	341,68
6.5B	63,64	6,95	6,5	1154,75	1166,86	648,31	518,55	2,227	2,338	13,926	81,313	4,760	18,69	74,53	4,76	77	1139,92	1,00	1136,02	3,51	323,47
6.5C	63,90	6,95	6,5	1155,28	1166,92	649,21	517,71	2,232	2,338	13,955	81,483	4,562	18,52	75,36	4,56	78	1154,72	0,99	1143,17	3,58	319,32
								<b>2,232</b>					<b>18,51</b>	<b>75,39</b>	<b>4,56</b>				<b>1163,19</b>	<b>3,54</b>	<b>328,16</b>
7A	63,51	7,53	7	1152,84	1163,75	646,54	517,21	2,229	2,323	15,012	80,954	4,034	19,05	78,82	4,03	78	1154,72	1,00	1154,34	3,50	329,81
7B	62,93	7,53	7	1153,59	1162,46	645,85	516,61	2,233	2,323	15,039	81,101	3,860	18,90	79,57	3,86	75	1110,31	1,01	1126,22	3,78	297,94
7C	65,41	7,53	7	1151,59	1162,95	646,93	516,02	2,232	2,323	15,030	81,053	3,917	18,95	79,33	3,92	80	1184,33	0,95	1130,00	3,63	311,29
								<b>2,231</b>					<b>18,96</b>	<b>79,24</b>	<b>3,94</b>				<b>1136,85</b>	<b>3,64</b>	<b>313,02</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

**Lampiran 21 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 0%**

**PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 100% DAN PASIR CEPU 0%**

Tanggal Pengujian : 2021

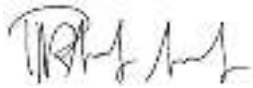
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G					L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density	H	I	J	K	VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat	Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)	
5A	65,53	5,26	5	1168,64	1169,07	656,79	512,28	2,281	2,401	10,974	84,049	4,977	15,95	68,80	4,98	85	1258,35	0,95	1197,79	2,96	404,66
5B	65,54	5,26	5	1168,92	1169,25	657,86	511,39	2,286	2,401	10,996	84,215	4,789	15,78	69,66	4,79	85	1258,35	0,95	1194,17	3,12	382,75
5C	64,25	5,26	5	1168,86	1169,34	657,95	511,39	2,286	2,401	10,995	84,211	4,794	15,79	69,64	4,79	86	1273,15	0,98	1249,18	2,96	422,02
								<b>2,284</b>					<b>15,84</b>	<b>69,37</b>	<b>4,85</b>			<b>1213,71</b>	<b>3,01</b>	<b>403,14</b>	
5.5A	65,73	5,82	5,5	1167,58	1168,19	655,83	512,36	2,279	2,384	12,059	83,517	4,424	16,48	73,16	4,42	87	1287,96	0,95	1221,23	2,82	433,06
5.5B	65,28	5,82	5,5	1166,85	1168,13	655,75	512,38	2,277	2,384	12,051	83,462	4,487	16,54	72,87	4,49	87	1287,96	0,96	1232,17	3,18	387,48
5.5C	64,93	5,82	5,5	1167,76	1168,21	655,28	512,93	2,277	2,384	12,047	83,438	4,515	16,56	72,74	4,52	89	1317,57	0,96	1270,57	3,16	402,08
								<b>2,278</b>					<b>16,53</b>	<b>72,92</b>	<b>4,48</b>			<b>1241,32</b>	<b>3,05</b>	<b>407,54</b>	
6A	65,18	6,38	6	1164,96	1166,36	653,64	512,72	2,272	2,368	13,116	82,831	4,053	17,17	76,40	4,05	94	1391,59	0,96	1333,75	2,92	456,76
6B	64,53	6,38	6	1162,72	1164,26	654,26	510	2,280	2,368	13,161	83,113	3,726	16,89	77,93	3,73	93	1376,78	0,97	1341,45	3,13	428,58
6C	64,47	6,38	6	1163,58	1164,24	654,18	510,06	2,281	2,368	13,169	83,164	3,667	16,84	78,22	3,67	94	1391,59	0,98	1357,84	3,40	399,37
								<b>2,278</b>					<b>16,96</b>	<b>77,52</b>	<b>3,82</b>			<b>1344,35</b>	<b>3,15</b>	<b>428,24</b>	
6.5A	65,15	6,95	6,5	1160,58	1162,31	650,15	512,16	2,266	2,352	14,171	82,17	3,658	17,83	79,48	3,66	85	1258,35	0,96	1206,92	3,06	394,42
6.5B	63,35	6,95	6,5	1160,87	1162,46	651,48	510,98	2,272	2,352	14,208	82,381	3,412	17,62	80,64	3,41	84	1243,55	1,00	1248,11	2,83	440,40
6.5C	65,60	6,95	6,5	1159,49	1161,82	650,21	511,61	2,266	2,352	14,173	82,181	3,645	17,82	79,54	3,65	86	1273,15	0,95	1210,29	3,96	305,63
								<b>2,268</b>					<b>17,76</b>	<b>79,89</b>	<b>3,57</b>			<b>1221,77</b>	<b>3,28</b>	<b>380,15</b>	
7A	67,12	7,53	7	1156,3	1158,39	647,18	511,21	2,262	2,336	15,233	81,581	3,186	18,42	82,70	3,19	84	1243,55	0,92	1143,34	3,41	335,29
7B	67,06	7,53	7	1155,19	1157,16	646,2	510,96	2,261	2,336	15,226	81,542	3,231	18,46	82,49	3,23	87	1287,96	0,92	1186,10	3,52	336,96
7C	65,74	7,53	7	1154,55	1158,54	647,12	511,42	2,258	2,336	15,204	81,424	3,372	18,58	81,85	3,37	85	1258,35	0,95	1192,92	3,12	382,34
								<b>2,260</b>					<b>18,48</b>	<b>82,35</b>	<b>3,26</b>			<b>1174,12</b>	<b>3,35</b>	<b>351,53</b>	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya



Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,



Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lampiran 22 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 50%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM Mencari KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 100% DAN PASIR CEPU 50%

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	67,19	5,26	5	1169,26	1175,29	658,16	517,13	2,261	2,387	10,877	83,849	5,274	16,15	67,35	5,27	84	1243,55	0,92	1141,37	3,12	365,82
5B	66,18	5,26	5	1169,82	1174,13	658,2	515,93	2,267	2,387	10,908	84,084	5,008	15,92	68,53	5,01	86	1273,15	0,94	1196,53	3,21	372,75
5C	65,30	5,26	5	1169,12	1175,54	659,28	516,26	2,265	2,387	10,894	83,98	5,126	16,02	68,00	5,13	84	1243,55	0,96	1189,06	3,15	377,48
								<b>2,264</b>					<b>16,03</b>	<b>67,96</b>	<b>5,14</b>				<b>1175,65</b>	<b>3,16</b>	<b>372,02</b>
5.5A	65,73	5,82	5,5	1166,99	1173,64	657,71	515,93	2,262	2,371	11,969	83,439	4,591	16,56	72,28	4,59	85	1258,35	0,95	1193,15	3,32	359,38
5.5B	64,00	5,82	5,5	1165,18	1172,22	656,65	515,57	2,260	2,371	11,959	83,368	4,673	16,63	71,90	4,67	83	1228,74	0,99	1213,49	3,18	381,60
5.5C	64,94	5,82	5,5	1165,42	1171,73	657,26	514,47	2,265	2,371	11,987	83,564	4,449	16,44	72,93	4,45	84	1243,55	0,96	1198,78	3,16	379,36
								<b>2,262</b>					<b>16,54</b>	<b>72,37</b>	<b>4,57</b>				<b>1201,81</b>	<b>3,22</b>	<b>373,45</b>
6A	64,22	6,38	6	1164,43	1169,73	654,31	515,42	2,259	2,355	13,042	82,898	4,061	17,10	76,26	4,06	89	1317,57	0,98	1293,85	3,28	394,47
6B	64,33	6,38	6	1163,82	1169,65	653,16	516,49	2,253	2,355	13,008	82,683	4,310	17,32	75,11	4,31	87	1287,96	0,98	1261,34	3,34	377,65
6C	63,55	6,38	6	1165,88	1169,71	655,22	514,49	2,266	2,355	13,081	83,151	3,768	16,85	77,64	3,77	86	1273,15	1,00	1271,56	3,27	388,86
								<b>2,260</b>					<b>17,09</b>	<b>76,34</b>	<b>4,05</b>				<b>1275,58</b>	<b>3,30</b>	<b>386,99</b>
6.5A	64,44	6,95	6,5	1162,17	1167,75	652,215	515,535	2,254	2,339	14,098	82,278	3,624	17,72	79,55	3,62	85	1258,35	0,98	1228,88	3,36	365,74
6.5B	62,45	6,95	6,5	1162,23	1166,89	650,1	516,79	2,249	2,339	14,064	82,083	3,853	17,92	78,50	3,85	81	1199,13	1,03	1230,51	3,23	380,49
6.5C	63,37	6,95	6,5	1162,92	1167,93	651,14	516,79	2,250	2,339	14,073	82,132	3,796	17,87	78,76	3,80	78	1154,72	1,00	1158,47	3,52	329,11
								<b>2,251</b>					<b>17,84</b>	<b>78,94</b>	<b>3,76</b>				<b>1205,96</b>	<b>3,37</b>	<b>358,45</b>
7A	67,87	7,53	7	1159,63	1166,29	648,25	518,04	2,238	2,324	15,076	81,265	3,659	18,74	80,47	3,66	84	1243,55	0,90	1120,12	3,45	324,67
7B	65,22	7,53	7	1158,48	1164,76	647,59	517,17	2,240	2,324	15,086	81,321	3,593	18,68	80,76	3,59	85	1258,35	0,96	1205,19	3,42	352,39
7C	65,77	7,53	7	1157,59	1165,73	648,58	517,15	2,238	2,324	15,075	81,261	3,663	18,74	80,45	3,66	83	1228,74	0,95	1164,16	3,34	348,55
								<b>2,239</b>					<b>18,72</b>	<b>80,56</b>	<b>3,64</b>				<b>1163,16</b>	<b>3,40</b>	<b>341,87</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lampiran 23 Pengujian Marshall dalam Mencari KAO Variasi Substitusi Batu Granit 100% dan Pasir Cepu 100%

PENGUJIAN MARSHALL DALAM MENCARI KAO VARIASI SUBSTITUSI BATU GRANIT 100% DAN PASIR CEPU 100%

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O Bacaan Pada Alat	P	Q	R	S	T
	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)	Density					VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)			Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
5A	64,63	5,26	5	1166,24	1176,68	661,18	515,5	2,262	2,386	10,883	83,921	5,196	16,08	67,68	5,20	81	1199,13	0,97	1165,16	3,25	358,51
5B	64,82	5,26	5	1165,15	1176,8	661,05	515,75	2,259	2,386	10,868	83,802	5,331	16,20	67,09	5,33	82	1213,94	0,97	1173,78	3,2	366,81
5C	66,69	5,26	5	1166,33	1177,92	662,11	515,81	2,261	2,386	10,878	83,877	5,246	16,12	67,46	5,25	81	1199,13	0,93	1115,34	3,27	341,08
								<b>2,261</b>					<b>16,13</b>	<b>67,41</b>	<b>5,26</b>				<b>1151,43</b>	<b>3,24</b>	<b>355,47</b>
5.5A	64,16	5,82	5,5	1162,65	1172,16	658,2	513,96	2,262	2,370	11,970	83,471	4,558	16,53	72,42	4,56	83	1228,74	0,98	1208,57	3,26	370,73
5.5B	64,43	5,82	5,5	1163,54	1174,28	659,03	515,25	2,258	2,370	11,950	83,326	4,724	16,67	71,67	4,72	81	1199,13	0,98	1171,35	3,33	351,76
5.5C	64,22	5,82	5,5	1163,26	1173,83	658,42	515,41	2,257	2,370	11,943	83,28	4,777	16,72	71,43	4,78	81	1199,13	0,98	1177,65	3,35	351,54
								<b>2,259</b>					<b>16,64</b>	<b>71,84</b>	<b>4,69</b>				<b>1185,86</b>	<b>3,31</b>	<b>358,01</b>
6A	62,02	6,38	6	1158,22	1170,12	655,01	515,11	2,248	2,354	12,980	82,529	4,491	17,47	74,29	4,49	84	1243,55	1,04	1289,66	3,45	373,81
6B	64,37	6,38	6	1159,28	1169,66	656,42	513,24	2,259	2,354	13,039	82,905	4,056	17,09	76,27	4,06	86	1273,15	0,98	1245,36	3,28	379,68
6C	63,80	6,38	6	1158,35	1170,7	655,71	514,99	2,249	2,354	12,984	82,557	4,459	17,44	74,44	4,46	85	1258,35	0,99	1248,91	3,49	357,85
								<b>2,252</b>					<b>17,34</b>	<b>75,00</b>	<b>4,34</b>				<b>1261,31</b>	<b>3,41</b>	<b>370,45</b>
6.5A	63,13	6,95	6,5	1156,77	1168,64	653,8	514,84	2,247	2,338	14,051	82,03	3,919	17,97	78,19	3,92	82	1213,94	1,01	1225,07	3,52	348,03
6.5B	64,37	6,95	6,5	1156,46	1167,29	652,59	514,7	2,247	2,338	14,051	82,03	3,918	17,97	78,19	3,92	81	1199,13	0,98	1173,15	3,56	329,54
6.5C	64,42	6,95	6,5	1155,46	1168,17	652,22	515,95	2,239	2,338	14,005	81,761	4,234	18,24	76,79	4,23	80	1184,33	0,98	1157,09	3,52	328,72
								<b>2,244</b>					<b>18,06</b>	<b>77,72</b>	<b>4,02</b>				<b>1185,10</b>	<b>3,53</b>	<b>335,43</b>
7A	66,84	7,53	7	1151,62	1165,85	650,14	515,71	2,233	2,323	15,039	81,091	3,870	18,91	79,54	3,87	81	1199,13	0,93	1110,90	3,64	305,19
7B	62,23	7,53	7	1154,15	1164,52	648,2	516,32	2,235	2,323	15,055	81,173	3,772	18,83	79,96	3,77	82	1213,94	1,03	1252,38	3,61	346,92
7C	66,20	7,53	7	1153,27	1164,14	649,124	515,016	2,239	2,323	15,081	81,317	3,602	18,68	80,72	3,60	78	1154,72	0,94	1084,72	3,59	302,15
								<b>2,236</b>					<b>18,81</b>	<b>80,07</b>	<b>3,75</b>				<b>1149,33</b>	<b>3,61</b>	<b>318,09</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lampiran 24 Hasil Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu

PENGUJIAN MARSHALL DARI NILAI KAO

Tanggal Pengujian : 2021

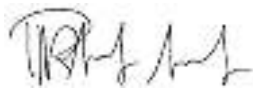
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Ket	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G (gram)	Bj Maks	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T										
														VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Aht		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)										
1A	G 0 C 0	64,33	6,60	6,1875	1159,58	1173,67	655,67	518	2,239	2,347	13,331	82,0336	4,635	17,97	74,20	4,64	78	1154,72	0,98	1130,66	3,43	329,64										
1B		64,33	6,60	6,1875	1160,29	1172,51	656,81	515,7	2,250	2,347	13,399	82,4499	4,151	17,55	76,35	4,15	77	1139,92	0,98	1116,17	3,4	328,29										
1C		64,83	6,60	6,1875	1157,37	1173,72	656,44	517,28	2,237	2,347	13,324	81,9912	4,684	18,01	73,99	4,68	77	1139,92	0,97	1101,92	3,45	319,40										
														<b>2,242</b>																		
2A	G 0 C 50	65,00	6,66	6,24	1156,54	1176,65	657,38	519,27	2,227	2,332	13,376	82,1513	4,472	17,85	74,94	4,47	78	1154,72	0,96	1111,42	3,52	315,74										
2B		64,33	6,66	6,24	1156,22	1177,1	657,58	519,52	2,226	2,332	13,366	82,089	4,545	17,91	74,63	4,54	76	1125,11	0,98	1101,67	3,49	315,67										
2C		64,50	6,66	6,24	1155,2	1177,31	658,34	518,97	2,226	2,332	13,369	82,1035	4,528	17,90	74,70	4,53	77	1139,92	0,98	1111,42	3,56	312,20										
														<b>2,226</b>																		
3A	G 0 C 100	64,50	6,74	6,3125	1153,28	1178,53	658,25	520,28	2,217	2,329	13,467	81,6975	4,835	18,30	73,58	4,84	75	1110,31	0,98	1082,55	3,65	296,59										
3B		65,33	6,74	6,3125	1153,78	1178,83	658,52	520,31	2,217	2,329	13,472	81,7282	4,799	18,27	73,73	4,80	78	1154,72	0,96	1103,48	3,59	307,38										
3C		65,33	6,74	6,3125	1153,26	1179,49	659,81	519,68	2,219	2,329	13,483	81,7904	4,727	18,21	74,04	4,73	73	1080,70	0,96	1032,74	3,64	283,72										
														<b>2,218</b>																		
4A	G 50 C 0	67,00	6,43	6,0375	1162,27	1163,65	650,4	513,25	2,265	2,367	13,159	82,5215	4,320	17,48	75,29	4,32	93	1376,78	0,92	1270,08	3,17	400,66										
4B		66,67	6,43	6,0375	1162,55	1164,15	650,53	513,62	2,263	2,367	13,153	82,4819	4,366	17,52	75,08	4,37	95	1406,39	0,93	1308,82	3,21	407,73										
4C		66,00	6,43	6,0375	1161,77	1162,67	649,29	513,38	2,263	2,367	13,150	82,4651	4,385	17,53	74,99	4,39	94	1391,59	0,94	1312,44	3,19	411,42										
														<b>2,264</b>																		
5A	G 50 C 50	66,33	6,54	6,14	1161,77	1168,29	650,37	517,92	2,243	2,349	13,256	82,2227	4,521	17,78	74,57	4,52	88	1302,76	0,94	1220,53	3,44	354,80										
5B		66,50	6,54	6,14	1161,87	1167,43	650,11	517,32	2,246	2,349	13,272	82,3251	4,402	17,67	75,09	4,40	87	1287,96	0,93	1202,63	3,54	339,73										
5C		65,33	6,54	6,14	1162,61	1168,72	651,79	516,93	2,249	2,349	13,291	82,4397	4,269	17,56	75,69	4,27	90	1332,37	0,96	1273,25	3,27	389,37										
														<b>2,246</b>																		
6A	G 50 C 100	66,83	6,64	6,225	1156,2	1167,59	652,17	515,42	2,243	2,347	13,440	82,1509	4,409	17,85	75,30	4,41	85	1258,35	0,93	1166,07	3,51	332,21										
6B		65,50	6,64	6,225	1155,25	1168,73	652,16	516,57	2,236	2,347	13,399	81,9007	4,700	18,10	74,03	4,70	87	1287,96	0,95	1226,78	3,47	353,54										
6C		65,50	6,64	6,225	1156,43	1168,98	651,22	517,76	2,234	2,347	13,382	81,7959	4,822	18,20	73,51	4,82	88	1302,76	0,95	1240,88	3,54	350,53										
														<b>2,238</b>																		
														<b>18,05</b>	<b>74,28</b>	<b>4,64</b>																

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya



Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,



Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lanjutan Lampiran 24 Hasil Pengaruh Substitusi Batu Granit dan Pasir Cepu

PENGUJIAN MARSHALL DARI NILAI KAO

Tanggal Pengujian : 2021

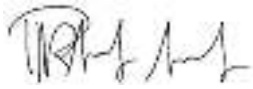
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Ket (%, %)	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	Bj Maks	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T			
														VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)			
7A	G 100 C 0	65,42	6,38	6	1164,26	1166,52	653,93	512,59	2,271	2,368	13,116	82,8022	4,081	17,20	76,27	4,08	93	1376,78	0,95	1313,37	3,17	414,31			
7B		64,49	6,38	6	1162,26	1164,64	654,86	509,78	2,280	2,368	13,166	83,1156	3,718	16,88	77,98	3,72	95	1406,39	0,98	1371,70	3,11	441,06			
7C		64,53	6,38	6	1163,67	1164,34	654,62	509,72	2,283	2,368	13,184	83,2262	3,590	16,77	78,60	3,59	94	1391,59	0,97	1355,75	3,19	425,00			
														<b>16,95</b>	<b>77,61</b>	<b>3,80</b>							<b>1346,94</b>	<b>3,16</b>	<b>426,79</b>
8A	G 100 C 50	65,23	6,47	6,08	1164,62	1169,39	654,51	514,88	2,262	2,352	13,231	82,9298	3,839	17,07	77,51	3,84	90	1332,37	0,96	1275,75	3,34	381,96			
8B		66,17	6,47	6,08	1163,76	1169,57	653,34	516,23	2,254	2,352	13,187	82,6519	4,162	17,35	76,01	4,16	88	1302,76	0,94	1224,60	3,23	379,13			
8C		65,23	6,47	6,08	1165,67	1169,55	655,26	514,29	2,267	2,352	13,258	83,0998	3,642	16,90	78,45	3,64	90	1332,37	0,96	1275,75	3,38	377,44			
														<b>17,11</b>	<b>77,32</b>	<b>3,88</b>							<b>1258,70</b>	<b>3,32</b>	<b>379,51</b>
9A	G 100 C 100	66,59	6,52	6,125	1157,45	1170,48	655,01	515,47	2,245	2,350	13,237	82,3065	4,456	17,69	74,81	4,46	87	1287,96	0,93	1200,38	3,47	345,93			
9B		63,53	6,52	6,125	1158,25	1169,53	656,42	513,11	2,257	2,350	13,307	82,7423	3,951	17,26	77,11	3,95	85	1258,35	1,00	1257,30	3,42	367,63			
9C		66,67	6,52	6,125	1158,93	1170,76	655,71	515,05	2,250	2,350	13,265	82,479	4,256	17,52	75,71	4,26	87	1287,96	0,93	1198,53	3,45	347,40			
														<b>17,49</b>	<b>75,88</b>	<b>4,22</b>							<b>1218,74</b>	<b>3,45</b>	<b>353,65</b>

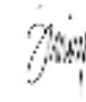
Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya



Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,



Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lampiran 25 Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Pada Pengujian Index of Retained Strength 24 Jam

PENGUJIAN INDEX of RETAINED STRENGTH DARI NILAI KAO

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : Asphalt Concrete – Binder Course

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Ket	Tinggi	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
		(%, %)	(cm)	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(gram)					Density	VMA (%)	VFWA (%)			VITM (%)	Bacaan Pada Alat	Koreksi	Stabilitas (kg)
1A	G 0 C 0	64,52	6,60	6,1875	1160,28	1173,77	655,75	518,02	2,240	2,346	13,339	82,1326	4,529	17,87	74,65	4,53	74	1095,51	0,97	1067,48	3,54	301,55
1B		64,46	6,60	6,1875	1159,45	1172,62	656,28	516,34	2,246	2,346	13,373	82,3408	4,287	17,66	75,73	4,29	72	1065,90	0,98	1040,23	3,5	297,21
1C		64,73	6,60	6,1875	1157,33	1173,69	656,51	517,18	2,238	2,346	13,326	82,0568	4,617	17,94	74,27	4,62	73	1080,70	0,97	1047,38	3,47	301,84
									<b>2,241</b>					<b>17,82</b>	<b>74,88</b>	<b>4,48</b>			<b>1051,69</b>	<b>3,50</b>	<b>300,20</b>	
2A	G 0 C 50	65,24	6,66	6,24	1156,61	1176,55	657,42	519,13	2,228	2,332	13,381	82,1784	4,441	17,82	75,08	4,44	72	1065,90	0,96	1020,40	3,62	281,88
2B		64,62	6,66	6,24	1156,35	1176,98	657,48	519,5	2,226	2,332	13,368	82,1014	4,530	17,90	74,69	4,53	73	1080,70	0,97	1050,35	3,59	292,58
2C		64,41	6,66	6,24	1155,28	1177,51	658,52	518,99	2,226	2,332	13,369	82,1061	4,525	17,89	74,71	4,52	72	1065,90	0,98	1041,65	3,61	288,55
									<b>2,227</b>					<b>17,87</b>	<b>74,83</b>	<b>4,50</b>			<b>1037,47</b>	<b>3,61</b>	<b>287,67</b>	
3A	G 0 C 100	64,53	6,74	6,3125	1154,18	1178,63	658,31	520,32	2,218	2,329	13,477	81,7549	4,768	18,25	73,87	4,77	70	1036,29	0,97	1009,60	3,75	269,23
3B		65,64	6,74	6,3125	1153,64	1178,78	658,47	520,31	2,217	2,329	13,471	81,7183	4,811	18,28	73,68	4,81	69	1021,48	0,95	970,22	3,71	261,51
3C		65,21	6,74	6,3125	1153,72	1179,52	659,76	519,76	2,220	2,329	13,486	81,8104	4,704	18,19	74,14	4,70	70	1036,29	0,96	992,63	3,67	270,47
									<b>2,218</b>					<b>18,24</b>	<b>73,90</b>	<b>4,76</b>			<b>990,82</b>	<b>3,71</b>	<b>267,07</b>	
4A	G 50 C 0	66,87	6,43	6,0375	1161,75	1162,68	650,52	512,16	2,268	2,367	13,181	82,6601	4,159	17,34	76,02	4,16	90	1332,37	0,93	1233,44	3,26	378,36
4B		66,59	6,43	6,0375	1162,49	1164,37	650,49	513,88	2,262	2,367	13,145	82,4359	4,419	17,56	74,84	4,42	91	1347,18	0,93	1255,74	3,31	379,38
4C		66,24	6,43	6,0375	1162,19	1163,46	649,38	514,08	2,261	2,367	13,137	82,3825	4,481	17,62	74,57	4,48	90	1332,37	0,94	1250,60	3,32	376,69
									<b>2,264</b>					<b>17,51</b>	<b>75,14</b>	<b>4,35</b>			<b>1246,59</b>	<b>3,30</b>	<b>378,14</b>	
5A	G 50 C 50	66,27	6,54	6,14	1162,89	1170,24	650,12	520,12	2,236	2,349	13,213	81,9538	4,834	18,05	73,22	4,83	85	1258,35	0,94	1180,33	3,54	333,43
5B		66,52	6,54	6,14	1163,61	1167,71	650,51	517,2	2,250	2,349	13,295	82,4675	4,237	17,53	75,83	4,24	84	1243,55	0,93	1160,70	3,49	332,58
5C		65,75	6,54	6,14	1163,35	1168,28	651,25	517,03	2,250	2,349	13,297	82,4762	4,227	17,52	75,88	4,23	84	1243,55	0,95	1178,57	3,46	340,63
									<b>2,245</b>					<b>17,70</b>	<b>74,98</b>	<b>4,43</b>			<b>1173,20</b>	<b>3,50</b>	<b>335,54</b>	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)



Lanjutan Lampiran 25 Pengaruh Agregat Kasar Granit dan Pasir Cepu Pada Pengujian *Index of Retained Strength* 24 Jam

**PENGUJIAN INDEX of RETAINED STRENGTH DARI NILAI KAO**

Tanggal Pengujian : 2021

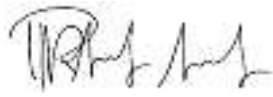
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Binder Course*

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Sampel	Ket (% , %)	Tinggi (cm)	A (%)	B (%)	C (gram)	D (gram)	E (gram)	F (gram)	G Density	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T										
														VMA (%)	VFWA (%)	VITM (%)	Bacaan Pada Alat		Koreksi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)										
6A	G 50 C 100	66,68	6,64	6,225	1156,64	1167,53	651,87	515,66	2,243	2,347	13,439	82,1439	4,417	17,86	75,26	4,42	82	1213,94	0,93	1129,34	3,62	311,97										
6B		65,46	6,64	6,225	1155,76	1168,67	652,31	516,36	2,238	2,347	13,410	81,9701	4,620	18,03	74,38	4,62	84	1243,55	0,95	1185,41	3,55	333,92										
6C		65,61	6,64	6,225	1156,54	1168,79	651,13	517,66	2,234	2,347	13,386	81,8195	4,795	18,18	73,63	4,79	81	1199,13	0,95	1139,70	3,65	312,25										
														<b>2,238</b>																		
7A	G 100 C 0	65,28	6,38	6,00	1164,53	1166,45	653,87	512,58	2,272	2,368	13,120	82,823	4,057	17,18	76,38	4,06	94	1391,59	0,96	1331,14	3,12	426,65										
7B		66,27	6,38	6,00	1162,32	1164,56	654,98	509,58	2,281	2,368	13,172	83,1525	3,676	16,85	78,18	3,68	93	1376,78	0,94	1291,59	3,27	394,98										
7C		65,19	6,38	6,00	1163,56	1164,54	654,76	509,78	2,282	2,368	13,181	83,2086	3,611	16,79	78,50	3,61	95	1406,39	0,96	1347,67	3,38	398,72										
														<b>2,278</b>																		
8A	G 100 C 50	65,41	6,47	6,08	1163,28	1169,73	653,91	515,82	2,26	2,35	13,19	82,68	4,13	17,32	76,18	4,13	88	1302,76	0,95	1243,00	3,41	364,52										
8B		65,70	6,47	6,08	1163,41	1168,54	653,62	514,92	2,26	2,35	13,22	82,84	3,95	17,16	77,00	3,95	86	1273,15	0,95	1207,98	3,35	360,59										
8C		65,64	6,47	6,08	1164,69	1168,26	655,15	513,11	2,27	2,35	13,28	83,22	3,50	16,78	79,13	3,50	86	1273,15	0,95	1209,26	3,46	349,50										
														<b>2,26</b>																		
9A	G 100 C 100	65,96	6,52	6,125	1159,17	1170,79	654,84	515,95	2,247	2,350	13,244	82,3522	4,403	17,65	75,05	4,40	83	0,00	0,94	0,00	3,57	0,00										
9B		66,66	6,52	6,125	1158,54	1169,6	656,68	512,92	2,259	2,350	13,315	82,7936	3,891	17,21	77,39	3,89	85	1258,35	0,93	1171,29	3,54	330,87										
9C		66,85	6,52	6,125	1158,72	1170,49	654,75	515,74	2,247	2,350	13,245	82,3537	4,402	17,65	75,06	4,40	84	1243,55	0,93	1151,70	3,49	330,00										
														<b>2,251</b>																		
														<b>17,50</b>	<b>75,83</b>	<b>4,23</b>																

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya



Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)



Peneliti,



Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

**Lampiran 26 Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO**

**PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* DARI NILAI KAO**

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Binder Course*

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Campuran	KAO	Sampel	Tebal Sampel (cm)			Rerata (mm)	Rerata (cm)	Stabilitas				A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
			h1	h2	h3			Angka Koreksi	Arloji Stab	Stab*Kalibrasi	Stabilitas (kg)		
Substitusi G 0% & C 0%	6,188	1	64,8	64,74	65,22	64,92	6,49	0,96	58	1153,34	1112,40	0,159	27,24
		2	64,15	63,62	63,5	63,76	6,38	0,99	61	1213,00	1205,21	0,159	30,06
		3	65,85	65,15	65,45	65,48	6,55	0,95	55	1093,69	1042,08	0,159	25,30
											<b>1119,90</b>		<b>27,53</b>
Substitusi G 0% & C 50%	6,240	1	65,5	65,4	65,7	65,53	6,55	0,95	57	1133,46	1078,91	0,159	26,18
		2	65,28	64,24	64,82	64,78	6,48	0,97	60	1193,11	1154,93	0,159	28,35
		3	65,35	65,3	64,46	65,04	6,50	0,96	56	1113,57	1070,79	0,159	26,18
											<b>1101,54</b>		<b>26,90</b>
Substitusi G 0% & C 100%	6,313	1	64,9	65,14	65,22	65,09	6,51	0,96	58	1153,34	1107,59	0,159	27,06
		2	64,4	62,86	64,6	63,95	6,40	0,99	60	1193,11	1179,59	0,159	29,33
		3	68,8	69,58	67,75	68,71	6,87	0,83	57	1133,46	937,58	0,159	21,70
											<b>1074,92</b>		<b>26,03</b>
Substitusi G 50% & C 0%	6,038	1	66,6	66,55	66,76	66,64	6,66	0,93	65	1292,54	1203,60	0,159	28,72
		2	68,35	68,55	67,29	68,06	6,81	0,90	63	1252,77	1122,38	0,159	26,22
		3	63,2	63,13	63,98	63,44	6,34	1,00	66	1312,42	1314,50	0,159	32,95
											<b>1213,49</b>		<b>29,30</b>
Substitusi G 50% & C 50%	6,140	1	65,55	65,6	65,67	65,61	6,56	0,95	65	1292,54	1228,56	0,159	29,77
		2	63,8	64,65	64,85	64,43	6,44	0,98	60	1193,11	1165,27	0,159	28,76
		3	66,4	66,36	65,4	66,05	6,61	0,94	62	1232,88	1161,53	0,159	27,96
											<b>1185,12</b>		<b>28,83</b>

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

**Lanjutan Lampiran 26 Pengujian Indirect Tensile Strength dari Hasil KAO**  
**PENGUJIAN *INDIRECT TENSILE STRENGTH* DARI NILAI KAO**

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Binder Course*

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Campuran	KAO	Sampel	Tebal Sampel (cm)			Rerata (mm)	Rerata (cm)	Stabilitas				A0	ITS (kg/cm <sup>2</sup> )
			h1	h2	h3			Angka Koreksi	Arloji Stab	Stab*Kalibras	Stabilitas (kg)		
Substitusi G 50% & C 100%	6,225	1	64,16	64,65	64,11	64,31	6,43	0,98	58	1153,3416	1130,0825	0,159	27,94
		2	64	63,6	63,2	63,6	6,36	1,00	56	1113,5712	1110,7873	0,159	27,77
		3	63,8	64,2	64,3	64,1	6,41	0,99	58	1153,3416	1136,0415	0,159	28,18
										<b>1125,6371</b>		<b>27,96</b>	
Substitusi G 100% & C 0%	6	1	65,35	63,24	61,57	63,39	6,34	1,00	63	1252,7676	1256,3171	0,159	31,51
		2	65,15	63,4	63,35	63,97	6,40	0,99	66	1312,4232	1297,1116	0,159	32,24
		3	64,65	64,55	64	64,4	6,44	0,98	64	1272,6528	1244,0181	0,159	30,71
										<b>1265,8156</b>		<b>31,49</b>	
Substitusi G 100% & C 50%	6,078	1	64	63,95	64,58	64,18	6,42	0,98	63	1252,7676	1231,5749	0,159	30,51
		2	65	65,25	64,96	65,07	6,507	0,96	62	1232,8824	1184,4918	0,159	28,94
		3	63,9	63,85	65,21	64,32	6,432	0,98	65	1292,538	1266,041	0,159	31,30
										<b>1227,3692</b>		<b>30,25</b>	
Substitusi G 100% & C 100%	6,125	1	64,11	65,11	63,9	64,37	6,44	0,98	62	1232,8824	1205,9645	0,159	29,79
		2	64,5	65,02	64,15	64,56	6,46	0,97	63	1252,7676	1219,6737	0,159	30,04
		3	64,8	65,78	66,1	65,56	6,556	0,95	62	1232,8824	1172,9335	0,159	28,45
										<b>1199,5239</b>		<b>29,42</b>	

Mengetahui  
Ka.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

**Lampiran 27 Pengujian Cantabro dari Hasil KAO**

**PENGUJIAN CANTABRO DARI NILAI KAO**

Tanggal Pengujian : 2021

Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Binder Course*

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Campuran	Sampel	Berat Benda Uji (Gram)		Berat Sebelum di Abrasi (Mi1 - Mi2)	Kehilangan Berat (%)
		Mi1	Mi2		
Substitusi G0% & C0%	1	1183,5	1131,5	51,99	4,39
	2	1176,2	1128,4	47,83	4,07
	3	1181,3	1130,91	50,43	4,27
					<b>4,24</b>
Substitusi G0% & C50%	1	1182,4	1127,23	55,17	4,67
	2	1185,4	1135,78	49,66	4,19
	3	1183,6	1135,06	48,56	4,10
					<b>4,32</b>
Substitusi G0% & C100%	1	1185	1130,45	54,54	4,60
	2	1181,3	1126,76	54,57	4,62
	3	1182,5	1130,29	52,16	4,41
					<b>4,54</b>
Substitusi G 50% & C 0%	1	1181,7	1134,1	47,59	4,03
	2	1178,3	1130,28	48,02	4,08
	3	1183,2	1135,8	47,43	4,01
					<b>4,04</b>
Substitusi G50% & C50%	1	1180,4	1131,19	49,16	4,16
	2	1184,8	1135,61	49,18	4,15
	3	1181,6	1133,86	47,72	4,04
					<b>4,12</b>

Mengetahui  
Kz.Lab.Jalan Raya

Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

Lanjutan Lampiran 27 Pengujian *Cantabro* dari KAO

PENGUJIAN *CANTABRO* DARI NILAI KAO

Tanggal Pengujian : 2021

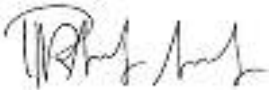
Dikerjakan Oleh : Jessica Meilani S

Tipe Campuran : *Asphalt Concrete – Binder Course*

Diperiksa Oleh : Ir. Subarkah, M.T.

Campuran	Sampel	Berat Benda Uji (Gram)		Berat Sebelum di (Mi1-Mi2)	Kehilangan Berat (%)
		Mi1	Mi2		
Substitusi G50% & C100%	1	1184,99	1132,1	52,89	4,46
	2	1181,33	1130,28	51,05	4,32
	3	1178,45	1128,8	49,65	4,21
					4,33
Substitusi G100% & C0%	1	1184,27	1139,12	45,15	3,81
	2	1180,64	1137,55	43,09	3,65
	3	1177,45	1135,54	41,91	3,56
					3,67
Substitusi G100% & C50%	1	1187,4	1138,23	49,17	4,14
	2	1175,44	1135,78	39,66	3,37
	3	1183,62	1136,06	47,56	4,02
					3,84
Substitusi G100% & C100%	1	1183,49	1130,33	53,16	4,49
	2	1176,23	1134,4	41,83	3,56
	3	1181,34	1136,91	44,43	3,76
					3,94

Mengetahui  
Kz.Lab.Jalan Raya

  
Prayogo Affang P, ST, M.Sc  
(NIK: 205111303)

Peneliti,

  
Jessica Meilani S  
(NIM: 16511207)

