

LAPORAN AKHIR PENELITIAN



**ANALISIS DAN EVALUASI KARAKTERISTIK *MARSHALL HOT*
MIX AC-WC (ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE)
PADA PROYEK JALAN POROS PINRANG – PAREPARE**

Dr. H. HAKZAH, S.T.,M.T (KETUA)

ABD GANI ZURBA. D (ANGGOTA)

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PAREPARE

2020

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Penelitian : **ANALISIS MODEL PERGERAKAN ANALISIS DAN
EVALUASI KARAKTERISTIK *MARSHALL HOT MIX AC-
WC (ASPHALT CONCRETE – WEARING COURSE)* PADA
PROYEK JALAN POROS PINRANG – PAREPARE**

Peneliti / Pelaksana

Nama Lengkap : Dr. H. HAKZAH, ST.,MT
NIDN : 0919096701
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor Hp :

Anggota Peneliti (1)

Nama Lengkap : ABD GANI ZURBA. D
NIM : 215190105
Program Studi : Teknik Sipil
Nomor Hp :
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Parepare
Lama Penelitian : 1 Tahun
Penelitian tahun ke 1
Biaya tahun berjalan : Rp. 8.000.000
Biaya keseluruhan : Rp. 10.000.000,-

Mengetahui
Dekan Teknik



(Muh. Basri, ST.,MT)
NIDN. 0917127301

Parepare,
Ketua Peneliti

(Dr. H. Hakzah, ST.,MT)
NIDN. 0919096701

Menyetujui,

An. Ketua LPPM UMPAR



(Nasrullah, A., S.Pd., M.Pd)
NBM. 1098942

PRAKATA



Assalamu alaikum warahmatullahi wabarakatu.

Alhamdulillah segala puji bagi Allah yang menguasai bumi dan segala isinya, tiada lain yang sepatutnya penulis haturkan kepada ALLAH SWT sebagai seorang hamba melainkan hamba melainkan rasa syukur yang tiada henti. Shalawat kita curahkan kepada junjungan kita Rasulullah SAW beserta keluarganya, yang telah memperjuangkan kebenaran dalam hidupnya hingga manusia jahiliyah dapat keluar dari kebodohan dan kegelapan.

Penelitian ini merupakan penelitian dosen pemula yang melibatkan mahasiswa tahun 2020. Penelitian ini bertujuan mengaplikasikan pengetahuan dosen sekaligus memberikan pengetahuan kepada mahasiswa.

Demikian prakata yang dapat kami sampaikan, semoga penelitian ini dapat bermanfaat bagi pengembangan

Parepare,

Ketua,

(Dr. H. Hakzah, ST.,MT)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PRAKATA	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	3
D. Batasan Penulisan	3
E. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Landasan Teori	8
B. Agregat	9
C. enis agregat (Kasar, Halus, dan Filler)	14
D. Aspal	17
E. Persyaratan Campuran Beraspal	30
F. Metode Pengujian Marshall	34
BAB III. METODO PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	41
B. Alat dan Bahan Penelitian	43
C. Analisis Perhitungan	45
D. Prosedur Penelitian	51
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Pemeriksaan Ekstraksi	54
B. Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS)	57
C. Pembahasan & Evaluasi Pemeriksaan Ekstraksi	63
D. Pembahasan & Evaluasi Pengujian <i>Marshall</i>	73
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	122
B. Saran	125
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada abad ke-21 sekarang ini kehidupan umat manusia amat begitu kompleks dengan variabel-variabel Penunjang kehidupannya yang begitu beragam. Dapat diamati bahwa seiring berjalannya waktu peradaban umat manusia ikut berkembang, umat manusia berekspansi menjamah hal-hal yang baru dengan menggunakan akal dan pemikiran mereka, lahir begitu banyak ilmu pengetahuan akibat buah pemikiran mereka dan inilah dasar penggerak berkembangnya kehidupan sosial, ekonomi, dan teknologi kita semua. Begitu banyak hal yang dilakukan manusia untuk memudahkan, mengoptimalkan, dan mengefisienkan pekerjaan atau kehidupan mereka, hal-hal tersebut memungkinkan mereka menembus batasan-batasan yang sebelumnya mustahil untuk dilampaui.

Dengan berbagai macam teknologi yang telah diciptakan oleh manusia kini mereka mampu melakukan hal-hal yang dulu mustahil mereka lakukan, saat ini manusia modern mampu menempuh jarak yang jauh dengan waktu yang singkat, hal tersebut mampu dilakukan karena adanya perkembangan teknologi transportasi. Teknologi transportasi sekarang ini memiliki pilihan moda yang berbeda sesuai dengan kebutuhan setiap manusia. Secara garis besar ada tiga jenis moda transportasi yaitu Moda Transportasi Darat, Moda Transportasi Air, dan Moda Transportasi Udara. Setiap moda masing-masing memiliki fasilitas-fasilitas yang menunjang sistem transportasi tersebut, misalnya secara garis besar Transportasi Udara memerlukan fasilitas

penunjang yang disebut Bandara, Transportasi Air memerlukan Dermaga atau Pelabuhan, dan Transportasi Darat memerlukan akses jalan yang menghubungkan suatu tempat dengan tempat yang lain.

Seiring meningkatnya kepadatan manusia, fasilitas-fasilitas penunjang transportasi diharapkan untuk semakin efisien dan efektif. Sarana dan prasarana transportasi harus mampu menopang permintaan yang setiap hari semakin meningkat, hal ini menciptakan sebuah lalulintas atau pergerakan moda transportasi yang dari waktu ke waktu terus mengalami peningkatan. Pesatnya pertumbuhan lalulintas tersebut mengakibatkan sarana dan prasarana Transportasi dituntut semakin berkualitas.

Pada Transportasi darat sebuah prasarana yang baik akan memberikan dampak yang sangat besar bagi sistem Transportasi itu sendiri, maka dari itu kualitas jalan sebagai prasarana Transportasi darat harus seimbang dengan lalulintas yang ada. Pada umumnya jalan raya di Indonesia termasuk jalan dengan metode konstruksi Perkerasan lentur atau *Flexible Pavement* metode konstruksi ini secara garis besar terdiri dari tiga bagian utama yaitu tanah dasar, lapis pondasi, dan lapis permukaan, dengan kondisi lalulintas padat seperti yang sering ditemui pada banyak jalan raya akan mengakibatkan sebuah penyimpangan berat muatan lalulintas yang besar pula, hal ini disebut juga dengan Pemadatan lanjutan akibat pembebanan lalulintas kendaraan dan faktor inilah yang biasanya mengakibatkan retak lelah dan deformasi plastis pada lapis permukaan jalan.

Untuk menanggulangi terjadinya retak lelah yang begitu dini pada lapis permukaan *Flexible Pavement* atau Perkerasan lentur maka campuran beton

aspalnya harus direncanakan sedemikian rupa sehingga lebih mampu bertahan lama. Ada banyak faktor yang perlu diperhitungkan dalam merencanakan campuran beton aspal antara lain ; karakteristik agregat, sifat *rheologi* aspal, kadar aspal efektif, density aspal beton, rongga dalam campuran (*VIM / Voids in Mix*), rongga antar butiran agregat (*VMA / Voids in Mineral Agreggate*), rongga terisi aspal (*VFB / Voids Filled with Bitumen*), Stabilitas, dan Flow beton aspal. Setiap poin tersebut memiliki hubungan yang saling terkait dan setiap poin tersebut memiliki batas persyaratan tertentu yang perlu dipenuhi sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, oleh karena itu perlunya sebuah kontrol pengawasan kualitas pada setiap pekerjaan perkerasan lentur atau *Flexible Pavement* agar setiap pekerjaan perkerasan lentur bisa tepat kuantitas sekaligus tepat mutu atau kualitasnya, akan tetapi suatu audit mutu atau kualitas memerlukan sebuah ke-Independenan dan bebas dari intervensi dari pihak-pihak yang dapat mempengaruhi hasil audit tersebut karena diperlukan sebuah audit yang benar-benar dapat dipercaya dan dipertanggung jawabkan, permasalahan tersebut sangat melatar belakangi perlunya penelitian yang berjudul “Analisis dan evaluasi karakteristik Marshall hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare”.

B. Rumusan Masalah

- a. Bagaimana density campuran hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- b. Bagaimana rongga dalam campuran (*VIM / Voids in Mix*) hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- c. Bagaimana rongga antar butiran agregat (*VMA / Voids in Mineral Agreggate*) hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- d. Bagaimana rongga terisi aspal (*VFB / Voids Filled with Bitumen*) hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- e. Bagaimana stabilitas dan flow hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- f. Bagaimana kadar aspal efektif hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.

C. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk mendapatkan beberapa point berikut ini :

- a. Untuk mengetahui density campuran hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- b. Untuk mengetahui rongga dalam campuran (*VIM / Voids in Mix*) hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- c. Untuk mengetahui rongga antar butiran agregat (*VMA / Voids in Mineral Agreggate*) hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- d. Untuk mengetahui rongga terisi aspal (*VFB / Voids Filled with Bitumen*) hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- e. Untuk mengetahui stabilitas dan flow hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.
- f. Untuk mengetahui kadar aspal efektif hot mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) pada proyek jalan poros pinrang – parepare.

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan agar dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

- a. Membantu pemerintah dalam mengawasi proyek “PRESERVASI DAN PELEBARAN JALAN MENUJU STANDAR BTS. SULBAR – BTS. KOTA PINRANG II (BTS. KOTA PINRANG – KOTA PAREPARE)” yang akan menghasilkan sebuah bahan audit eksternal yang dapat dipertanggung jawabkan
- b. Menjadi sebuah bahan referensi ilmiah bagi siapa pun yang membutuhkannya.
- c. Sebagai pemenuhan tugas akhir skripsi Fakultas Teknik Prodi Sipil Universitas Muhammadiyah Parepare.

E. Batasan Masalah

Pembatasan masalah pada penelitian ini perlu ditentukan agar penelitian dapat berjalan secara efisien, efektif dan tidak menyimpang dari tujuan penelitian. Adapun batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Lapis aspal yang diteliti hanya berfokus pada Laston lapis Aus atau AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*).
- b. Penelitian ini terbatas pada pengujian Laboratorium dan tidak termasuk pada pengujian Lapangan.
- c. Penelitian ini akan menguji 1000 Ton Hot Mix AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) yang diproduksi oleh pihak kontraktor PT. Sinar Jaya Agung Lestari.
- d. Uji indeks kekuatan sisa dinyatakan dalam uji perendaman Marshall (*Marshall Immersion Test*) selama 24 jam dengan suhu 60° C dan ditunjukkan dalam Indeks Stabilitas Sisa (*Index Retained Strenght*).
- e. Penelitian ini tidak akan membahas atau mempertimbangkan aspek ekonomis.

BAB II TINJAUAN

PUSTAKA A.

Landasan Teori

Hot mix *asphalt concrete* atau campuran panas aspal beton memiliki spesifikasi yang dirancang menggunakan metode *Marshall*. Dengan kondisi lalu lintas yang berat perencanaan menggunakan metode *Marshall* menetapkan pemadatan benda uji atau sampel sebanyak 2 x 75 tumbukan (untuk campuran AC-BC dan AC-WC). Metode *Marshall* sangat membantu dalam mengidentifikasi sifat-sifat campuran, sebuah campuran yang memiliki sifat tertentu akan mempengaruhi mutu atau kualitas dari campuran tersebut. Secara garis besar ada tiga analisis karakteristik campuran yang terdapat dalam metode *Marshall*, yaitu : analisis volumetrik, analisis stabilitas, analisis *flow*.

Analisis volumetrik merupakan pengidentifikasian rongga-rongga pada sebuah campuran, hal ini dilakukan karena sifat volumetrik sangat mempengaruhi mutu atau kualitas sebuah campuran. Adapun rongga yang perlu dianalisis itu ialah :rongga dalam campuran (*VIM / Voids in Mix*), rongga antar butiran agregat (*VMA / Voids in Mineral Agreggate*), dan rongga terisi aspal (*VFB / Voids Filled with Bitumen*), ke-tiga rongga tersebut memiliki batasan-batasan tertentu yang tidak dapat dilampaui demi tercapainya sebuah campuran yang memiliki mutu atau kualitas yang baik.

Analisis stabilitas dan *flow* membutuhkan alat uji *Marshall* untuk mengukur kemampuan campuran yang telah dipadatkan dalam menahan sebuah beban, alat uji *Marshall* ini dilengkapi dengan *proving ring* (cincin

penguji) yang berfungsi untuk menguji stabilitas dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji merupakan campuran yang telah dipadatkan yang berbentuk silinder berdiameter ± 4 inci atau setara $\pm 10,2$ cm dan tinggi $\pm 2,5$ inci atau setara $\pm 6,35$ cm (Silvia Sukirman, 2003).

B. Agregat

Agregat merupakan suatu kumpulan butiran batuan yang berukuran tertentu diperoleh dari hasil alam langsung maupun dari pemecahan batu besar ataupun memang sengaja diproduksi untuk tujuan tertentu. Secara umum agregat diartikan sebagai suatu bahan yang bersifat keras dan kaku yang dipergunakan sebagai bahan pengisi suatu campuran. Adapun agregat yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari ialah antara lain, pasir, kerikil, batuh pecah, semen, dan masih banyak lagi.

Agregat merupakan bahan struktural dalam sebuah campuran. Persentase agregat dalam suatu campuran aspal berkisar antar 75-85 % dari volume total atau 90-95 % dari berat total (Sukirman, 1999). Agregat merupakan komponen utama yang turut menahan beban yang diberikan oleh faktor eksternal, pada perkerasan lentur suatu arus lalu lintas yang padat akan memberikan beban yang besar kepada jalan yang dilaluinya terutama pada bagian lapis permukaannya oleh sebab itu lapisan yang berada paling atas atau biasa disebut lapis permukaan (Surface Course) dan lebih tepatnya pada lapis *Aus* atau *Wearing Course* haruslah memiliki mutu yang lebih baik dibandingkan dengan lapisan yang ada di bawahnya. Hal ini disebabkan karena lapisan inilah yang langsung menerima beban lalu lintas dan sangat

rentan terhadap kondisi lingkungan sekitarnya. Berdasarkan sumbernya atau cara memperolehnya, agregat terbagi atas tiga jenis, yaitu :

g. Agregat alami (*Natural Agregat*)

Agregat jenis ini diperoleh langsung dari alam, dan dapat langsung dipergunakan sebagai bahan lapis perkerasan jalan. Jenis agregat alami yang sering digunakan misalnya kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*).

h. Agregat olahan (*Manufactured Agregat*)

Agregat jenis ini merupakan hasil dari pengolahan mesin pemecah batu (*stone crusher*). Pengolahan ini dilakukan agar agregat memiliki ukuran dan gradasi yang sesuai dengan keinginan.

i. Agregat buatan (*Synthetic Agregat*)

Agregat buatan merupakan jenis agregat yang diproduksi khusus untuk tujuan tertentu, dan agregat jenis ini biasanya berbahan dasar limbah industri tertentu seperti misalnya industri baja yang menghasilkan limbah logam (*slag*).

Adapun sifat-sifat suatu agregat yang sangat memberikan pengaruh pada kekuatan dan kualitas sebuah campuran aspal diantaranya adalah :

a. Ukuran dan gradasi agregat (*Size and Grading*)

Ukuran suatu agregat mempunyai pengaruh terhadap gesekan antar partikel. Akan tetapi yang perlu diperhatikan bahwa ukuran maksimal agregat didalam campuran itu harus lebih kecil atau sama dengan 75 % tebal perkerasan lapisan tersebut. Ukuran maksimum agregat yang terlalu besar menyebabkan sulitnya tercapai kepadatan yang diinginkan.

Gradasi atau dapat di katakan sebuah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregatnya, akan mempengaruhi besarnya rongga antar butiran pada sebuah campuran, dimana hal tersebut akan menentukan tingkat stabilitas campuran aspal tersebut.

b. Kebersihan (*Cleanliness*)

Agregat yang mengandung substansi asing yang dapat merusak perkerasan seperti zat-zat organik, lempung dan yang lainnya harus dihilangkan sebelum dipergunakan dalam campuran perkerasan. Substansi ini akan menghalangi aspal terserap ke dalam pori-pori agregat, sehingga terjadi pengelupasan aspal dari agregat. *California Division of Highways* telah mengembangkan suatu cara untuk menentukan zat-zat yang dapat merugikan tersebut dengan menggunakan metode *sand equivalent test*.

c. Keausan dan kekerasan (*Toughness*)

Pada pekerjaan perkerasan lentur, campuran beraspal sangat dipengaruhi oleh kondisi agregat terutama pada tingkat keausan agregat. Agregat akan mengalami proses tambahan seperti pemecahan, pengikisan akibat cuaca, pengikisan ketika pencampuran dan akibat penghamparan dan pemadatan.

Setelah jalan dapat dioperasikan, agregat masih mengalami proses pengausan oleh roda-roda kendaraan. Oleh karena itu, agregat harus mendapat perlakuan khusus untuk mengetahui daya tahan terhadap keausan. Secara umum agregat harus memiliki daya tahan yang cukup terhadap :

- Pemecahan (*rusting*)
- Penurunan mutu (*degradation*)
- Penghancuran (*disintegration*)

Ketahanan agregat terhadap keausan akibat pengikisan dapat diketahui melalui percobaan laboratorium dengan menggunakan mesin *Los Angeles*. Penggolongan tingkat keausan agregat diindikasikan oleh nilai abrasi dari hasil pengujian mesin *Los Angeles* terdiri dari:

- Agregat keras → nilai abrasi < 20%
- Agregat lunak → nilai abrasi > 50%

Pada konstruksi pekerjaan jalan, penggunaan agregat yang tidak memenuhi syarat keausan akan mengakibatkan, antara lain; terganggunya kestabilan konstruksi perkerasan dan terganggunya pelekatan aspal terhadap agregat.

Uji keausan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* dapat dilakukan dengan 500 atau 1000 putaran dengan kecepatan 30-33 rpm. Keausan pada 500 putaran menurut PB-0206-76 manual pemeriksaan bahan jalan, maksimum adalah 40%.

Mesin *Los Angeles* merupakan salah satu mesin untuk pengujian keausan / abrasi agregat kasar, fungsinya adalah kemampuan agregat untuk menahan gesekan, dihitung berdasarkan kehancuran agregat tersebut yaitu dengan cara mengayak agregat dalam ayakan no.12 (1.70 mm). Sebelum melakukan pengujian keausan / abrasi harus melakukan analisa ayak terlebih dahulu untuk mengetahui gradasi agregat yang paling banyak, apakah masuk pada tipe A, B, C, atau D dan dapat menentukan banyaknya bola baja yang akan digunakan dapat dilihat pada *Grading of Test Sample*.

d. Bentuk butiran (*Particle shape*)

Bentuk butiran dapat berbentuk bulat, lonjong, pipih, kubus, segi panjang,

dll. Pada konstruksi perkerasan jalan, bentuk butiran mempunyai beberapa pengaruh langsung dan tidak langsung antara lain :

- Mempengaruhi cara pengerjaan campuran
- Merubah kemampuan pemadatan dalam mencapai kepadatan atau density yang ditentukan.
- Mempengaruhi terhadap kekuatan perkerasan aspal.

Kemampuan saling kunci antar agregat sangat terpengaruhi oleh bentuk butiran agregat. Sifat ini akan menentukan stabilitas konstruksi. Bentuk kubus dan bersudut tajam pada butir agregat memberikan kemampuan saling kunci (*interlocking*) yang tinggi jika dibandingkan dengan batuan bulat.

e. Tekstur permukaan (*Surface Texture*)

Tekstur permukaan juga berperan dalam mempengaruhi kelekatan dan agregat. Selain itu, juga berpengaruh terhadap cara pengerjaan dan kekuatan campuran aspal. Tekstur permukaan dari agregat sendiri terbagi atas tiga macam yaitu :

- Batuan kasar (*Rough*), tekstur permukaan yang kasar dan aspal akan memberikan gaya gesek yang lebih besar sehingga dapat menahan gaya-gaya pemisah yang bekerja pada agregat. Tekstur kasar juga memberikan daya adhesi yang lebih baik antara aspal dan agregat.
- Batuan halus (*Smooth*), agregat yang halus lebih mudah terselimuti aspal namun tidak memberikan kelekatan yang baik dengan aspal sehingga pada batuan jenis ini lebih mudah dikerjakan namun sulit untuk dipadatkan.
- Batuan mengkilat (*Polished*), batuan jenis ini memberikan *internal friction* yang rendah dan sulit dilekati aspal.

f. Absorpsi (*Absorption*)

Porositas suatu agregat mempengaruhi jumlah aspal yang dapat diserap atau terabsorpsi sehingga campuran menjadi semakin

boros. Umumnya agregat yang berpori banyak biasanya tidak dapat digunakan, kecuali bilamana agregat tersebut mempunyai sifat-sifat lainnya seperti abrasi, daya tahan terhadap pelapukan, dan lain-lain.

g. Kelekatan terhadap aspal

Adhesi antara aspal dan batu terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara molekul dan penyerapan. Agregat yang mudah mengalami *striping* biasanya memiliki sifat *hidrofilik* (suka air), jenis agregat tidak baik digunakan dalam konstruksi lapis keras, agregat *hidrofilik* umumnya mengandung asam atau silikat seperti kuarsa. Namun, sebaliknya agregat yang bersifat menolak air atau (*hidrofobik*) akan mengikat aspal dengan lebih baik dan akan mengusir air yang mungkin dapat menyebabkan terjadinya *striping*, contoh agregat ini adalah batu kapur. Selain jenis agregat yang mempengaruhi ikatannya dengan aspal, bentuk partikel yang kubikan, angular dan distribusi ukuran partikel serta permukaan agregat yang kasar juga cenderung memberikan ikatan yang baik antara agregat dan aspal.

C. Jenis agregat (Kasar, Halus, dan Filler)

a. Agregat Halus

Agregat Halus merupakan bahan pengisi diantara agregat kasar sehingga menjadikan ikatan lebih kuat yang mempunyai B_j 1400 kg/m. Agregat halus yang baik tidak mengandung lumpur lebih besar 5 % dari berat, tidak mengandung bahan organik lebih banyak, terdiri dari butiran yang tajam dan keras, dan bervariasi.

Berdasarkan SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat besar butir maksimum 4,76 mm berasal dari alam atau hasil alam, sedangkan agregat halus olahan adalah agregat halus yang dihasilkan dari pecahan dan pemisahan butiran dengan cara penyaringan atau cara lainnya dari batuan atau terak tanur tinggi.

Berdasarkan ASTM C33 agregat halus umumnya berupa pasir dengan partikel butir lebih kecil dari 5 mm atau lolos saringan No.4 dan tertahan pada saringan No.200.

Tabel 1 Batasan gradasi untuk agregat halus

Ukuran Saringan ASTM	Persentase berat yang lolos pada tiap saringan
9,5 mm	100
4,76 mm	95 – 100
2,36 mm	80 – 100
1,19 mm	50 – 85
0,595 mm	25 – 60
0,300 mm	10 – 30
0,150 mm	2 – 10

Sumber : ASTM C-33

b. Agregat Kasar

Menurut SNI 1970-2008, agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir antara 4,75 mm (No.4) sampai 40 mm (No. 1½ inci).

Berdasarkan ASTM C33 Agregat kasar terdiri dari kerikil atau batu pecah dengan partikel butir lebih besar dari 5 mm atau antara 9,5 mm dan 37,5 mm.

Tabel 2 Batas-batas gradasi agregat kasar
untuk maksimal nominal 19 mm

Ukuran ayakan (mm)	Pemisahan ukuran
	Persen (%) berat yang lewat masing-masing ayakan
25	100
19	90 – 100
9,5	20 – 55
4,75	0 – 10
2,36	0 – 5

Sumber : SNI 7656-2012

c. Minerla pengisi (*filler*)

Filler merupakan agregat yang lolos saringan No. 200 (0,075 mm) mengurangi jumlah rongga dalam campuran, namun demikian jumlah *filler* harus dibatasi pada suatu batas yang menunjang mutu yang baik. Bila terlampau tinggi kadar *filler* suatu campuran maka akan cenderung menjadi getas dan akibatnya akan mudah retak akibat lalu lintas, pada sisi lain kadar *filler* yang terlampau rendah akan mengakibatkan campuran menjadi lembek pada temperatur yang relatif tinggi.

D. Aspal

Aspal ialah bahan hidro karbon yang bersifat melekat (*adhesive*), berwarna hitam kecoklatan, tahan terhadap air, dan viskoelastis. Aspal sering juga disebut bitumen merupakan bahan pengikat pada campuran beraspal yang dimanfaatkan sebagai lapis permukaan lapis perkerasan lentur. Aspal berasal dari alam atau dari pengolahan minyak bumi.

Aspal atau bitumen adalah suatu cairan kental yang merupakan senyawa hidrokarbon dengan sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal sebagai bahan pengikat dalam perkerasan lentur mempunyai sifat viskoelastis. Aspal tampak padat pada suhu ruang padahal adalah cairan yang sangat kental. Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh, dan tak jenuh, alifatik, dan aromatic yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen, dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain. Secara kuantitatif, biasanya 80% massa aspal adalah karbon, 10% hydrogen, 6% belerang, dan sisanya oksigen, dan nitrogen, serta sejumlah renik besi, nikel, dan vanadium. Senyawa-senyawa ini sering dikelaskan atas aspalten (yang massa molekulnya kecil), dan malten (yang massa molekulnya besar). Biasanya aspal mengandung 5 sampai 25% aspalten. Sebagian besar senyawa di aspal adalah senyawa polar.

Aspal memiliki banyak fungsi khususnya sebagai bahan konstruksi jalan, antara lain yaitu:

- Untuk mengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (water proofing, protect terhadap erosi).
- Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
- Lapis resap pengikat (prime coat) adalah lapisan tipis aspal cair yang diletakkan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
- Lapis pengikat (tack coat) adalah lapis aspal cair yang diletakkan di atas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya dihampar, berfungsi pengikat di antara keduanya.
- Sebagai pengisi ruang yang kosong antara agregat kasar, agregat halus, dan filler.

Aspal banyak digunakan dalam konstruksi perkerasan jalan karena memiliki sifat sebagai pengikat dan pengisi rongga udara antara agregat.

Adapun sifat-sifat aspal adalah sebagai berikut (Sukirman, 1993):

a. Mempunyai Daya Tahan (durability)

Daya tahan aspal adalah kemampuan aspal mempertahankan sifat asalnya akibat pengaruh cuaca selama masa pelayanan jalan. Sifat ini merupakan sifat dari campuran aspal, jadi tergantung dari sifat agregat, campuran dengan aspal, faktor pelaksanaan dan sebagainya.

b. Kohesi dan Adhesi

Kohesi merupakan kemampuan aspal untuk mengikat unsur-unsur penyusun dari dirinya sendiri sehingga terbentuknya aspal dengan daktilitas yang tinggi. Sedangkan adhesi menyatakan kemampuan aspal untuk berikatan dengan agregat dan tetap mempertahankan agregat pada tempatnya setelah berikatan.

c. *Kepekaan terhadap temperatur*

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitivitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP).

d. *Kekerasan aspal*

Aspal pada proses pencampuran dipanaskan dan dicampur dengan agregat sehingga agregat dilapisi aspal atau aspal panas disiramkan ke permukaan agregat yang telah disiapkan pada proses peleburan. Pada waktu proses pelaksanaan, terjadi oksidasi yang menyebabkan aspal menjadi getas (viskositas bertambah tinggi).

e. *Viskoelastisitas Aspal*

Viskoelastisitas aspal adalah suatu material yang bersifat viskoelastis yang sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan. Sifat viskoelastis aspal adalah untuk menentukan pada temperatur beberapa pencampuran aspal dengan agregat harus dilakukan agar mendapatkan campuran yang homogen dimana semua permukaan agregat dapat terselimuti oleh aspal secara merata dan aspal mampu masuk ke dalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat dan untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan.

Dilihat dari sifat kekerasannya, *The Asphalt Institute* (1995), menekankan agar penggunaan aspal keras pada perkerasan jalan tergantung dari tipe perkerasan dan kondisi iklimnya, yang terdapat pada Tabel 3 berikut ini :

Tabel 3 Penetrasi aspal untuk berbagai kondisi iklim

Perkerasan Untuk	Iklim			
	Panas kering	Panas lembab	Sedang	Dingin
JALAN RAYA (Lalu Lintas)				
LL. Berat	60-70	60-70	85-100	85-100
LL. Sedang & Ringan	85-100	85-100	85-100	85-100

Sumber : *Asphalt Institute* (1995)

Terdapat tiga jenis aspal yang biasa digunakan sebagai bahan konstruksi perkerasan jalan, yaitu:

- Aspal alam. Aspal alam ditemukan di pulau Buton (Sulawesi Tenggara Indonesia), Perancis, Swiss, dan Amerika Serikat.
- Aspal buatan. Aspal buatan merupakan residu penyulingan minyak bumi, dengan karakteristiknya sangat bergantung dari jenis minyak bumi yang disuling (dikilang), apakah minyak bumi berbasis aspal (asphaltic base), parafin (parafine base) atau berbasis campuran (mixes base).
- Aspal polimer. Aspal polimer adalah suatu material yang dihasilkan dari modifikasi antara polimer alam atau polimer sintesis dengan aspal. Modifikasi aspal polimer (atau biasa disingkat dengan PMA) telah dikembangkan selama beberapa dekade terakhir.

Terdapat beberapa parameter yang dilakukan untuk pengujian kualitas aspal, yaitu:

- Penetrasi, yaitu angka yang menunjukkan kekerasan aspal yang diukur dari kedalaman jarum penetrasi yang diberi beban 100 gram

selama 5 detik pada suhu ruang 25°C. Semakin besar nilai penetrasinya, maka semakin lunak aspal tersebut dan sebaliknya.

- Berat jenis, yaitu angka yang menunjukkan perbandingan berat aspal dengan berat air pada volume yang sama pada suhu ruang. Semakin besar nilai berat jenis aspal, maka semakin kecil kandungan mineral minyak dan partikel lain didalam aspal. Semakin tinggi nilai berat jenis aspal, maka semakin baik kualitas aspal. Berat jenis aspal minimum sebesar 1,0000.
- Kelekatan aspal terhadap agregat, yaitu angka yang menunjukkan persentase luasan permukaan agregat batu silikat yang masih terselimuti oleh aspal setelah agregat tersebut direndam selama 24 jam. Kelekatan aspal yang tinggi dapat diartikan bahwa aspal tersebut memiliki kemampuan yang tinggi untuk melekatkan agregat sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan. Nilai kelekatan aspal yang baik minimal sebesar 85 %.
- Titik nyala aspal, yaitu angka yang menunjukkan temperatur (suhu) aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji di atasnya terjadi kilatan api selama sekitar 5 detik. Syarat aspal AC 60/70 titik nyala sebesar minimal.
- Titik bakar aspal, yaitu angka yang menyatakan besarnya suhu aspal yang dipanaskan ketika dilewatkan nyala penguji di atas aspal terjadi kilatan api lebih dari 5 detik. Semakin tinggi titik nyala dan titik bakar aspal, maka aspal tersebut semakin baik. Besarnya

nilai titik nyala dan titik bakar tidak berpengaruh terhadap kualitas perkerasan, karena pengujian ini hanya berhubungan dengan keselamatan pelaksanaan khususnya pada saat pencampuran (mixing) terhadap bahaya kebakaran.

- Titik lembek aspal (Ring and Ball test), yaitu angka yang menunjukkan suhu (temperature) ketika aspal menyentuh plat baja. Titik lembek juga mengindikasikan tingkat kepekaan aspal terhadap perubahan suhu, di samping itu titik lembek juga dipengaruhi oleh kandungan parafin (lilin) yang terdapat dalam aspal. Semakin tinggi kandungan parafin pada aspal, maka semakin rendah titik lembeknya dan aspal semakin peka terhadap perubahan suhu.
- Kelarutan aspal dalam cairan Carbon Tetra Chlorida (CCl_4), yaitu angka yang menunjukkan jumlah aspal yang larut dalam cairan CCl_4 dalam proses setelah aspal digoncang atau dikocok selama minimal 20 menit. Angka kelarutan aspal juga menunjukkan tingkat kemurnian aspal terhadap kandungan mineral lain. Semakin tinggi nilai kelarutan aspal, maka aspal semakin baik.
- Daktilitas aspal, yaitu angka yang menunjukkan panjang aspal yang ditarik pada suhu 25°C dengan kecepatan 5 cm/menit hingga aspal tersebut putus. Daktilitas yang tinggi mengindikasikan bahwa aspal semakin lentur, sehingga semakin baik digunakan sebagai bahan ikat perkerasan.

E. Persyaratan Campuran Beraspal

Campuran beraspal haruslah mencapai sifat-sifat akhir yang diinginkan (*Asphalt Institute, 1993*). Adapun sifat-sifat yang dimaksud ialah sebagai berikut :

- a. Stabilitas adalah kemampuan campuran untuk melawan deformasi atau perubahan bentuk yang disebabkan beban lalu lintas. Stabilitas tergantung dari gaya gesek (*internal friction*) dan kohesi (*cohesion*). Sedangkan gaya gesek dan kemampuan saling mengunci dari agregat pada campuran.
- b. Fleksibilitas adalah kemampuan lapis permukaan untuk menyesuaikan perubahan bentuk yang terjadi dibawahnya tanpa mengalami retak-retak, sifat ini bertolak belakang dengan stabilitas, maka dalam perencanaan sifat ini diusahakan dicapai optimumnya, karena usaha memaksimumkan sifat yang satu ini artinya akan meminimumkan sifat yang lainnya. Umumnyaa fleksibilitas campuran aspal akan tinggi dengan cara meningkatkan kadar aspal, menggunakan kadar aspal dengan daktalitas yang tinggi, mengurangi tebal lapis keras dan menggunakan gradasi agregat yang relatif terbuka.
- c. Durabilitas adalah kemampuan campuran untuk mempertahankan kualitasnya dari kerusakan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan beban-beban lalu lintas (*oksidasi, stripping, disintegrasi* dari agregat). Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran beraspal adalah kadar aspal yang tinggi, gradasi agregat yang rapat, pemadatan yang baik, campuran yang keedap air serta kekerasan batuan penyusun lapisan perkerasan jalan yang baik.

- d. *Impermeability* adalah sifat kedap air dan udara yang dimiliki campuran, hal ini erat kaitannya dengan jumlah rongga dalam campuran yang dapat mempengaruhi durabilitas lapis perkerasan. Permukaan perkerasan dapat dimungkinkan kedap air dengan cara, menggunakan gradasi rapat dan atau membesarkan kadar aspal agar nilai VIM kecil.
- e. *Fatigue Resistance* adalah kemampuan perkerasan terhadap kelelahan akibat beban yang berulang-ulang (*load repetition*) dari beban lalu lintas tanpa mengalami retak. Nilai *fatigue resistance* dapat ditingkatkan dengan cara, mempertinggi kadar aspal, mempertebal lapis permukaan dan memperkecil rongga terhadap campuran.
- f. *Skid Resistance* adalah kekesatan lapis permukaan yang akan berkaitan dengan kemampuan permukaan lapis keras tersebut untuk melayani arus lalu lintas kendaraan yang lewat di atasnya tanpa terjadi *skidding-slipping* pada saat kondisi permukaan basah. Nilai kekesatan yang tinggi dapat diperoleh dengan cara, menggunakan agregat dengan mikrotekstur tinggi dan nilai abrasi rendah.
- g. Pemadatan adalah proses pemampatan yang memberikan volume yang optimum, sebuah pemampatan rongga hingga batas disyaratkan dan menambah kepadatan optimal. Mengingat efek yang timbul akibat pengaruh udara, air, serta pembebanan akibat arus lalu lintas, apabila rongga dalam campuran tidak memenuhi syarat yang ditentukan akan memudahkan terjadinya penyimpangan atau kerusakan dini. Pada pelaksanaan pemadatan di lapangan sangat rawan akan terjadinya penyimpangan, baik alat-alat yang digunakan tidak sesuai standar yang

ditetapkan maupun jumlah lintasannya. Pemasangan merupakan sebuah upaya untuk memperkecil jumlah VIM, sehingga dapat diperoleh nilai struktural yang diharapkan.

- h. *Workability* adalah sifat kemudahan dari campuran agregat aspal untuk dilaksanakan, yang meliputi pencampuran, penghamparan, dan pematatan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan dalam pelaksanaan adalah, gradasi agregat, temperatur campuran, kandungan *filler*.

Penentuan sifat-sifat campuran agregat aspal tersebut akan dianalisis menggunakan metode *Marshall*.

Tabel 4 Sifat-sifat *Marshall* campuran Laston.

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	L. Pondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	1,0		
	Maks	1,4		
Rongga dalam campuran/VIM (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam	Min	15	14	13

agregat/VMA (%)				
Rongga terisi aspal/VFB (%)	Min	65	65	65
Stabilitas <i>Marshall</i> (kg)	Min	800		1800
Pelelehan/ <i>Flow</i> (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	L. Pondasi
Stabilitas <i>Marshall</i> sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60° C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2		

Sumber : *Spesifikasi umum Binamarga Kementerian PUPR divisi 6*

perkerasan aspal Tahun 2018.

F. Metode Pengujian *Marshall*

Konsep dasar dari metode *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Department*. Kemudian *The U.S. Army Corp of Engineers*, melanjutkan penelitian dengan intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya,

kemudian distandarisasikan dalam *American Society for Testing and Material 1989 (ASTM d-1559)*.

Dua parameter penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, ialah seperti beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur yang disebut *Marshall Flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dengan *Marshall Flow* yang disebut dengan *Marshall Quetiont*, yang merupakan nilai kekakuan berkembang (*speudo stiffness*), yang menunjukkan ketahanan campuran beraspal terhadap deformasi permanen (*Shell, 1991*).

Pada sebagian besar agregat, daya ikat terhadap air jauh lebih besar jika dibandingkan terhadap daya ikat terhadap aspal, itu karena air memiliki *wetting power* yang jauh lebih besar dari aspal. Keberadaan debu yang berlebihan pada agregat juga akan mengakibatkan kegagalan pengikatan aspal atau dapat berakibat munculnya potensi kehilangan daya ikat campuran beraspal. (*Hunter, 1994*).

Uji perendaman *Marshall (Marshall Immersion Test)* merupakan uji lanjutan dari uji *Marshall* sebelumnya, dengan maksud mengukur ketahanan daya ikat atau adhesi campuran beraspal terhadap pengaruh air dan suhu (*water sensitivity and temperature susceptibility*). Ada beberapa cara yang digunakan untuk menilai tingkat durabilitas campuran beraspal, salah satunya ialah dengan mencari Indeks Kekuatan Sisa (IKS) / *Marshall Retained Strenght Index* atau dengan cara yang sedikit berbeda yaitu dengan menghitung Indeks Penurunan Stabilitas (IPS), perbedaan keduanya adalah

dasar perbandingan dari variasi lamanya perendaman dalam alat *waterbath*.

Prosedur pengujian durabilitas mengikuti rujukan SNI M-58-2990.

Dalam proses pencampuran hingga pemadatan ditetapkan sebuah ketentuan viskositas dan temperature aspal pada sesuai yang dijelaskan pada tabel 5 berikut :

Tabel 5. Ketentuan Viskositas & Temperatur Aspal untuk pencampuran dan pemadatan

No	Prosedur Pelaksanaan	Viskositas Aspal (Pas)	Perkiraan Temperatur Aspal (°C)	
			Tipe I	Tipe II
1	Pencampuran benda uji <i>Marshall</i>	0,2	155 ± 1	165 ± 1
2	Pemadatan benda uji <i>Marshall</i>	0,4	145 ± 1	155 ± 1
3	Pencampuran, rentang temperatur sasaran	0,2 – 0,5	145 – 155	155 – 165
4	Menuangkan campura aspal dari alat pencampur ke dalam truk	± 0,5	135 – 150	145 – 160
5	Pemasukan ke alat penghampar	0,5 – 1,0	130 – 150	140 – 160
6	Pemadatan awal (roda baja)	1 – 2	125 – 145	135 – 155
7	Pemadatan antara (roda karet)	2 – 20	100 – 125	110 – 135
8	Pemadatan akhir (roda baja)	< 20	> 90	> 105

Sumber : *Spesifikasi umum Binamarga Kementerian PUPR divisi 6 perkerasan aspal Tahun 2010*

Catatan :

1 Pas = 100 cSt = 100 mm²/s

Pas : *Pascal second*

cSt : *Centistokes*

mm²/s : *Square milimeter per second.*

Adapun rumus-rumus yang akan digunakan dalam menganalisis karakteristik *Marshall* ialah sebagai berikut :

a. Berat jenis *Bulk* dan *Apparent* dari total agregat

Total agregat terdiri dari fraksi agregat kasar, agregat halus dan *filler* , yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung berdasarkan persamaan 1 dan 2 dibawah ini :

1. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat :

$$G_{sb\text{tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{s1}} + \frac{P_2}{G_{s2}} + \frac{P_3}{G_{s3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sn}}} \dots\dots\dots(1)$$

2. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat :

$$G_{sa\text{tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{s1}} + \frac{P_2}{G_{s2}} + \frac{P_3}{G_{s3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sn}}} \dots\dots\dots(2)$$

b. Berat jenis Efektif dari total agregat

Berat jenis efektif dari total agregat dapat didapatkan hasilnya berdasarkan nilai kepadatan maksimum teoritis dengan menggunakan persamaan 3 dan 4 dibawah ini :

1. Berat jenis efektif dari total agregat :

$$G_{se\text{tot agregat}} = \frac{G_{sb\text{tot agregat}}}{G_{sb\text{tot agregat}} + \frac{P_{filler}}{G_{filler}}}$$

2(3)

2. Berat jenis efektif dari total agregat :

$$G_{seot\ agregat} = \frac{100 - P}{\frac{100}{G} - \frac{P}{G}} \dots\dots\dots(4)$$

c. Volume campuran dan berat jenis campuran setelah pemadatan

1. Volume campuran setelah pemadatan :

$$V_{bulk} = V_{SSD} - V_{bulk} \dots\dots\dots(5)$$

2. Berat jenis campuran setelah pemadatan :

$$G_{mb} = \frac{G_{mb}}{G_{mb}} \dots\dots\dots(6)$$

3. Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{100 - P}{G} + \frac{P}{G}} \dots\dots\dots(7)$$

d. Penyerapan aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat total agregat, dan bukan terhadap campuran. Persamaan penyerapan aspal (P_{ba}) seperti pada persamaan 8 dibawah ini :

1. Penyerapan aspal :

$$P_{ba} = \frac{W_{as} - W_{g}}{W_{g}} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

e. Kadar aspal efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah total kadar aspal dikurangi jumlah kadar aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang akan menentukan kinerja perkerasan, dimana persamaan kadar aspal efektif (P_{be}) seperti pada persamaan 9 dibawah ini :

1. Kadar aspal efektif :

$$P_{be} = \frac{P}{100} \times P_b \times P_s \dots\dots\dots(9)$$

f. Rongga udara (*Air Voids*)

Rongga udara dalam campuran (*VIM*) dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume udara dalam campuran (*Void In Mix / VIM*) seperti pada persamaan 10 :

1. *Void In Mix / VIM* :

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{P_b \times P_s}{100} \dots\dots\dots(10)$$

Rongga udara antar mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*) merupakan ruang rongga diantara partikel agregat pada campuran beraspal, termasuk rongga udar dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang terserap agregat). *VMA* direncanakan berdasarkan berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran beaspal. Persamaan *VMA* terhadap campuran beraspal, seperti persamaan 11 sebagai berikut :

2. *Void In Mineral Agregat / VMA :*

$$VMA = 100 - \left[(100 - P_b) \times \frac{M}{M_s} \right] \dots\dots\dots(11)$$

Rongga udara yang terisi aspal (*Void Filled with Bitumen /VFB*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang terserap oleh agregat. Persamaan *VFB* terhadap campuran beraspal, seperti persamaan 12 berikut ini :

3. *Void Filled with Bitumen / VFB :*

$$VFB = 100 \times \frac{M - M_a}{M} \dots\dots\dots(12)$$

g. Marshall Quotient dan Indeks kekuatan sisa

1. *Marshall quotient :*

$$MQ = \frac{MS}{M} \dots\dots\dots(13)$$

2. *Indeks kekuatan sisa :*

$$IKS = \frac{S_i}{S_s} \times 100 \dots\dots\dots(14)$$

Dalam perhitungan stabilitas diperlukan sebuah koreksi terhadap ukuran benda yang diuji untuk mendapatkan hasil yang lebih tepat seperti yang dijelaskan pada tabel 6 berikut :

Tabel 6. Rasio Kolerasi Stabilitas

Isi benda uji (cm ³)	Tebal benda uji (mm)	Angka koreksi
200 – 213	25,4	5,56

214 – 225	27,0	5,00
226 – 237	28,6	4,55
238 – 250	30,2	4,17
251 – 264	31,8	3,85
265 – 276	33,3	3,57
277 – 289	34,9	3,33
290 – 301	35,5	3,03
302 – 316	38,1	2,78
317 – 328	39,7	2,50
329 – 340	41,3	2,27
341 – 353	42,9	2,08
354 – 367	44,4	1,92
368 – 379	46,0	1,79
380 – 392	47,6	1,67
393 – 405	49,2	1,56
406 – 420	50,8	1,47
421 – 431	52,4	1,39
432 – 443	54,0	1,32
444 – 456	55,6	1,25
457 – 470	57,2	1,19
471 – 482	58,7	1,14
483 – 495	60,3	1,09
496 – 508	61,9	1,04

509 – 522	63,5	1,00
523 – 535	65,1	0,96
536 – 546	66,7	0,93
547 – 559	68,3	0,89
560 – 573	69,9	0,86
574 – 585	71,4	0,83
586 – 598	73,0	0,81
599 – 610	74,6	0,78
611 – 625	76,2	0,76

Sumber : RSNI M – 01 – 2003

h. Dust Proportion

Dust proportion (DP) merupakan nilai perbandingan antara persentase kadar *filler* terhadap persentase kadar aspal, tujuannya adalah untuk merencanakan kondisi campuran yang baik. Nilai *Dust proportion* yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran beraspal menjadi kurang menyatu antara agregat kasar dan agregat halus yang diakibatkan penyerapan aspal oleh *filler* yang terlalu tinggi. *The Asphalt Institute*, (1995) menyebutkan, *dust proportion* yang baik berkisar antara 0,6 s/d 1,2. Persamaan yang digunakan seperti terlihat pada persamaan 15 berikut ini :

1. *Dust proportion* :

$$DP = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} \text{.....(15)}$$



Keterangan :

G_{sb}	= Berat jenis kering/ <i>bulk specific gravity</i> (gr/cc)
G_{sa}	= Berat jenis semu/ <i>apparent specific gravity</i> (gr/cc)
G_{se}	= Berat jenis efektif/ <i>bulk specific gravity SSD</i> (gr/cc)
$G_{sb \text{ tot agregat}}$	= Berat jenis agregat gabungan (gr/cc)
P_1, P_2, P_3, \dots	= Persentase dari masing-masing agregat (%)
$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sb3}, \dots$	= Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1, 2, 3, n (gr/cc)
$G_{sa \text{ tot agregat}}$	= Berat jenis semu agregat gabungan (gr/cc)
$G_{sa1}, G_{sa2}, G_{sa3}, \dots$	= Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1, 2, 3, n (gr/cc)
$G_{se \text{ tot agregat}}$	= Berat jenis efektif agregat gabungan (gr/cc)
$G_{se1}, G_{se2}, G_{se3}, \dots$	= Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1, 2, 3, n (gr/cc)
V_{bulk}	= Volume campuran setelah pemadatan (cc)
W_{SSD}	= Berat dalam kondisi kering permukaan jenuh (gr)
W_W	= Berat dalam air (gr)
G_{mb}	= Berat jenis campuran setelah pemaadatan (gr/cc)
G_{mm}	= Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
P_b	= Persentase kadar aspal terhadap total campuran

	(%)
P_{ba}	= Persentase penyerapan aspal terhadap total agregat (%)
P_{be}	= Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)
P_f	= Persentase kadar <i>filler</i> terhadap total campuran (%)
P_s	= Kadar agregat, persen total campuran (%)
G_b	= Berat jenis <i>bitumen</i> (gr/cc)
VIM	= Rongga udara dalam campuran setelah pemadatan, persentase dari volume total (%)
VMA	= Rongga udara pada mineral dan agregat, persentase dari volume total (%)
VFB	= Rongga udara terisi aspal, persentase dari VMA (%)
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
MS	= <i>Marshall Stability</i>
MF	= <i>Marshall Flow</i>
IKS	= Indeks Kekuatan Sisa
M_{Si}	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 24 jam pada temperature 60° C
M_{Ss}	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 30 menit pada temperature 60° C

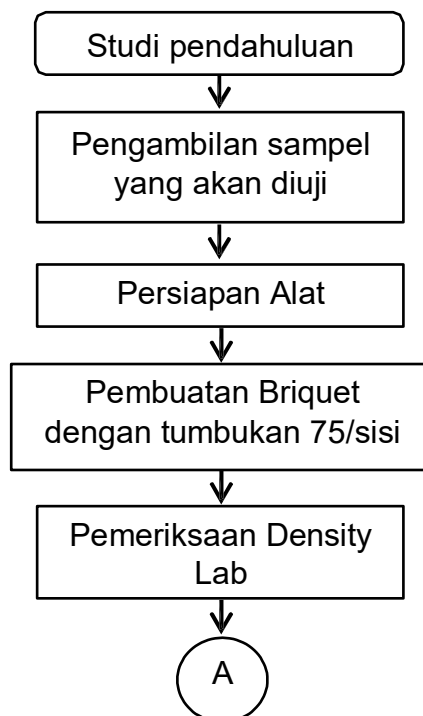
BAB III METODOLOGI

PENELITIAN A. Jenis

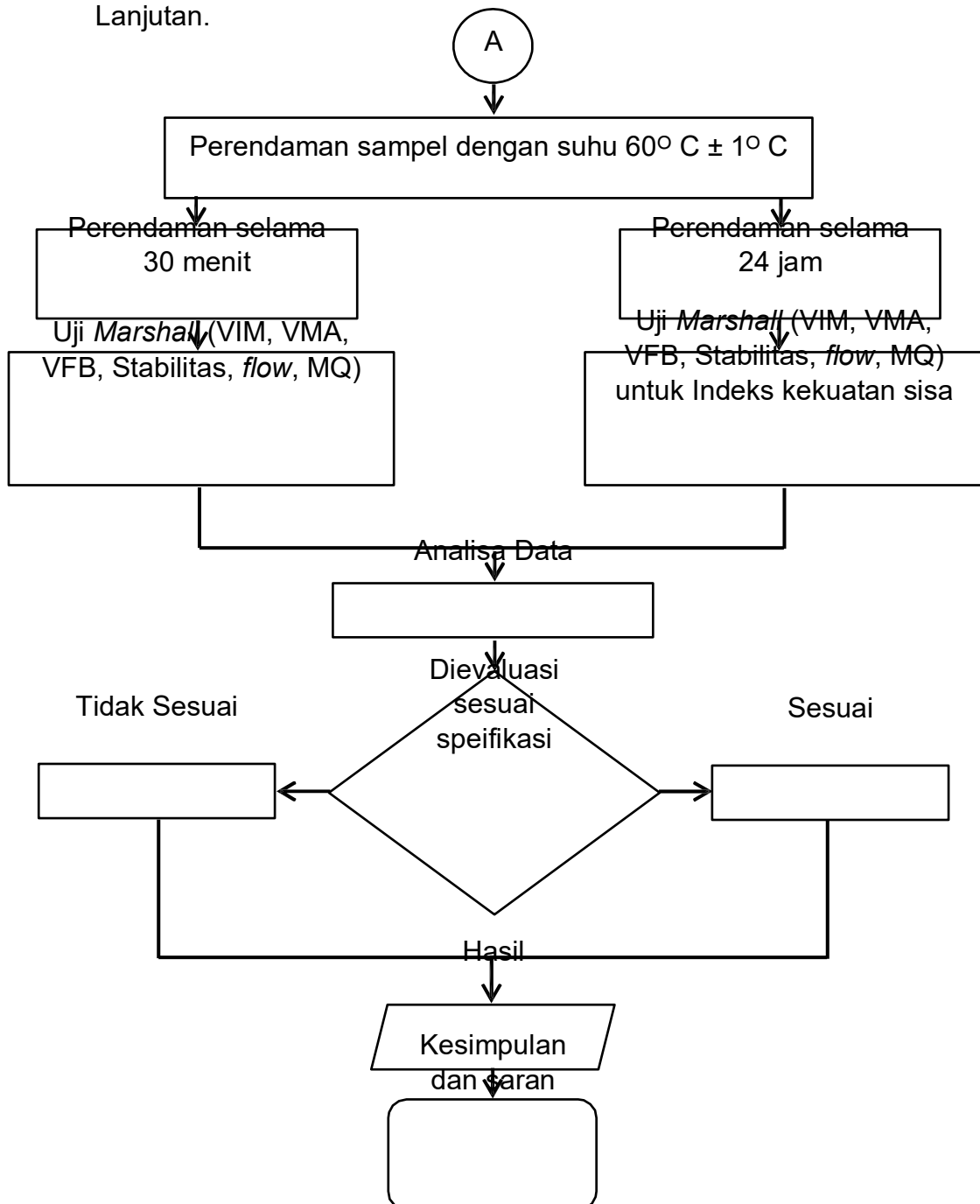
Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium, dan metode pengujian secara umum akan mengacu kepada Standar Nasional Indonesia (SNI), Spesifikasi umum Dirjen Bina Marga Kementerian Pekerjaan Umum untuk pekerjaan jalan dan jembatan tahun 2018, maupun metode dari *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)*, *American Society for Testing and Materials (ASTM)*, *British Standards Institution* jika diperlukan.

Pelaksanaan dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pemeriksaan *density* laboratorium, pengujian *Marshall*, pengujian Indeks kekuatan sisa, dan secara skematis dapat dilihat pada Gambar 1



Lanjutan.



Gambar 1. Bagan Alir Penelitian

B. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat yang dipergunakan ialah seperangkat alat pengujian untuk metode *Marshall*, meliputi sebagai berikut :

- a. Alat tekan *Marshall* yang terdiri atas kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 2500 kg (5000 lbs) yang dilengkapi dengan dua arloji pengukur, satu untuk arloji pengukur stabilitas dan satunya lagi untuk arloji pengukur kelelahan plastis (*flowmeter*).
- b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm (4 inch) dengan tinggi 7,5 cm (3 inch) dan dilengkapi dengan plat dan leher penyambung.
- c. Penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inch), berat 4,5 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inch).
- d. Ejektor, sebuah alat yang mengeluarkan benda uji dari alat cetak setelah pemadatan.
- e. Bak perendaman yang dilengkapi dengan pengatur suhu.
- f. Alat-alat penunjang yang meliputi : panci pencampur, kompor pemanas, termometer, kipas angin, sendok pengaduk, kaos tangan anti panas, kain lap, loyang atau wadah, spatula, timbangan (lebih diutamakan timbangan digital), dan spidol untuk menandai benda uji..

Bahan yang akan menjadi sample pengujian adalah campuran aspal lapis Aus (*Hot mix Asphalt Concrete-Wearing Course*) yang merupakan hasil produksi dari AMP PT. Sinar Agung Jaya Lestari, yang merupakan pihak

kontraktor pada proyek “PRESERVASI DAN PELEBARAN JALAN MENUJU STANDAR BTS. SULBAR – BTS. KOTA PINRANG II (BTS. KOTA PINRANG – KOTA PAREPARE)”.



Gambar 2. Peralatan pengujian *Marshall*

C. Analisis Perhitungan

Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan mensyaratkan serangkaian perhitungan yang akan digunakan dalam menganalisis atau membahas data-data yang didapatkan dari pengujian *Marshall*. Persamaan-persamaan tersebut diuraikan secara lengkap sebagai berikut :

i. Berat jenis *Bulk* dan *Apparent* dari total agregat

Total agregat terdiri dari fraksi agregat kasar, agregat halus dan *filler* , yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, sehingga berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dan berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat dapat dihitung berdasarkan persamaan 1 dan 2 dibawah ini :

3. Berat jenis kering (*bulk specific gravity*) dari total agregat :

$$G_{sb\text{ tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{s1}} + \frac{P_2}{G_{s2}} + \frac{P_3}{G_{s3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sn}}} \dots\dots\dots(1)$$

4. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) dari total agregat :

$$G_{sa\text{ tot agregat}} = \frac{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_{s1}} + \frac{P_2}{G_{s2}} + \frac{P_3}{G_{s3}} + \dots + \frac{P_n}{G_{sn}}} \dots\dots\dots(2)$$

j. Berat jenis Efektif dari total agregat

Berat jenis efektif dari total agregat dapat didapatkan hasilnya berdasarkan nilai kepadatan maksimum teoritis dengan menggunakan persamaan 3 dan 4 dibawah ini :

1. Berat jenis efektif dari total agregat :

$$G_{se\text{tot agregat}} = \frac{\frac{G_1 + G_2 + G_3}{2}}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots(3)$$

2. Berat jenis efektif dari total agregat :

$$G_{se\text{ot agregat}} = \frac{\frac{100 - p}{100} - \frac{p}{G_1}}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots(4)$$

k. Volume campuran dan berat jenis campuran setelah pemadatan

1. Volume campuran setelah pemadatan :

$$V_{\text{bulk}} = V_{\text{SSD}} - V_{\text{bulk}} \dots\dots\dots(5)$$

2. Berat jenis campuran setelah pemadatan :

$$G_{mb} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} \dots\dots\dots(6)$$

3. Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan :

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{100 - p}{G_1} + \frac{p}{G_2}} \dots\dots\dots(7)$$

I. Penyerapan aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat total agregat, dan bukan terhadap campuran. Persamaan penyerapan aspal (P_{ba}) seperti pada persamaan 8 dibawah ini :

1. Penyerapan aspal :

$$P_{ba} = \frac{\text{? ? ? ?} - \text{? ? ? ?}}{\text{? ? ? ?} \times \text{? ? ? ?}} \times 100 \dots\dots\dots(8)$$

m. Kadar aspal efektif

Kadar aspal efektif (P_{be}) campuran beraspal adalah total kadar aspal dikurangi jumlah kadar aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang akan menentukan kinerja perkerasan, dimana persamaan kadar aspal efektif (P_{be}) seperti pada persamaan 9 dibawah ini :

1. Kadar aspal efektif :

$$P_{be} = \frac{P}{100} \times P_b \times P_s \dots\dots\dots(9)$$

n. Rongga udara (Air Voids)

Rongga udara dalam campuran (VIM) dalam campuran beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal. Volume udara dalam campuran ($Void In Mix / VIM$) seperti pada persamaan 10 :

1. $Void In Mix / VIM$:

$$VIM = 100 - 100 \times \frac{\text{? ? ? ?}}{\text{? ? ? ?}} \dots\dots\dots(10)$$

Rongga udara antar mineral agregat (*Void in the Mineral Agregat/VMA*) merupakan ruang rongga diantara partikel agregat pada campuran beraspal, termasuk rongga udar dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang terserap agregat). *VMA* direncanakan berdasarkan berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran beraspal. Persamaan *VMA* terhadap campuran beraspal, seperti persamaan 11 sebagai berikut :

2. *Void In Mineral Agregat / VMA* :

$$VMA = 100 - \left[(100 - P_b) \times \frac{G_{sb}}{G_m} \right] \dots\dots\dots(11)$$

Rongga udara yang terisi aspal (*Void Filled with Bitumen /VFB*) adalah persen rongga yang terdapat diantara partikel yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang terserap oleh agregat. Persamaan *VFB* terhadap campuran beraspal, seperti persamaan 12 berikut ini :

3. *Void Filled with Bitumen / VFB* :

$$VFB = 100 \times \frac{M - P_b}{M} \dots\dots\dots(12)$$

o. Marshall Quotient dan Indeks kekuatan sisa

1. *Marshall quotient* :

$$MQ = \frac{MS}{M} \dots\dots\dots(13)$$

2. Indeks kekuatan sisa :

IKS =

◆◆Si
◆◆Ss

✖—

100

.....

....

.....

....

.....

....

.....

.....

(14)

p. Dust Proportion

Dust proportion (*DP*) merupakan nilai perbandingan antara persentase kadar *filler* terhadap persentase kadar aspal, tujuannya adalah untuk merencanakan kondisi campuran yang baik. Nilai *Dust proportion* yang terlalu tinggi akan menyebabkan campuran beraspal menjadi kurang menyatu antara agregat kasar dan agregat halus yang diakibatkan penyerapan aspal oleh *filler* yang terlalu tinggi. *The Asphalt Institute*, (1995) menyebutkan, *dust proportion* yang baik berkisar antara 0,6 s/d 1,2. Persamaan yang digunakan seperti terlihat pada persamaan 15 berikut ini :

1. *Dust proportion* :

$$DP = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} \text{.....(15)}$$



Keterangan :

G_{sb}	= Berat jenis kering/ <i>bulk specific gravity</i> (gr/cc)
G_{sa}	= Berat jenis semu/ <i>apparent specific gravity</i> (gr/cc)
G_{se}	= Berat jenis efektif/ <i>bulk specific gravity SSD</i> (gr/cc)
$G_{sb \text{ tot agregat}}$	= Berat jenis agregat gabungan (gr/cc)
P_1, P_2, P_3, \dots	= Persentase dari masing-masing agregat (%)
$G_{sb1}, G_{sb2}, G_{sb3}, \dots$	= Berat jenis kering dari masing-masing agregat 1, 2, 3, n (gr/cc)
$G_{sa \text{ tot agregat}}$	= Berat jenis semu agregat gabungan (gr/cc)
$G_{sa1}, G_{sa2}, G_{sa3}, \dots$	= Berat jenis semu dari masing-masing agregat 1, 2, 3, n (gr/cc)
$G_{se \text{ tot agregat}}$	= Berat jenis efektif agregat gabungan (gr/cc)
$G_{se1}, G_{se2}, G_{se3}, \dots$	= Berat jenis efektif dari masing-masing agregat 1, 2, 3, n (gr/cc)
V_{bulk}	= Volume campuran setelah pemadatan (cc)
W_{SSD}	= Berat dalam kondisi kering permukaan jenuh (gr)
W_W	= Berat dalam air (gr)
G_{mb}	= Berat jenis campuran setelah pemaadatan (gr/cc)
G_{mm}	= Berat jenis campuran maksimum teoritis setelah pemadatan (gr/cc)
P_b	= Persentase kadar aspal terhadap total campuran

	(%)
P_{ba}	= Persentase penyerapan aspal terhadap total agregat (%)
P_{be}	= Kadar aspal efektif, persen total campuran (%)
P_f	= Persentase kadar <i>filler</i> terhadap total campuran (%)
P_s	= Kadar agregat, persen total campuran (%)
G_b	= Berat jenis <i>bitumen</i> (gr/cc)
VIM	= Rongga udara dalam campuran setelah pemadatan, persentase dari volume total (%)
VMA	= Rongga udara pada mineral dan agregat, persentase dari volume total (%)
VFB	= Rongga udara terisi aspal, persentase dari VMA (%)
MQ	= <i>Marshall Quotient</i>
MS	= <i>Marshall Stability</i>
MF	= <i>Marshall Flow</i>
IKS	= Indeks Kekuatan Sisa
M_{Si}	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 24 jam pada temperature 60° C
M_{Ss}	= Stabilitas <i>Marshall</i> setelah perendaman 30 menit pada temperature 60° C

D. Prosedur Penelitian

Pengujian ini meliputi pengukuran stabilitas dan pelelehan (*flow*) suatu campuran beraspal dengan butir agregat berukuran maksimum 25,4 mm (1 inch). Dalam penelitian ini terdapat beberapa acuan normatif yang menjadi pedoman penelitian, yaitu sebagai berikut :

1. SNI 06 – 2484 – 1991 : Metode pengujian campuran aspal dengan alat *Marshall*.
2. *AASHTO T 245 – 97 : Standard Method of test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixture using Marshall apparatus.*
3. *AASHTO T 209 – 90 : Standard Method of test for Maximum Specific Gravity of Bituminous Paving Mixture.*
4. *BS 598 : Part. 104 – 1989 : Methods of test for the Determination of Density and Compaction.*
5. *Asphalt Institute MS – 2 – 1993 : Mix Design Methods.*

Pelaksanaan :

- a. Menimbang campuran aspal yang telah dipersiapkan sebelumnya dengan berat campuran kira-kira 1200 gram agar menghasilkan tinggi benda uji kira-kira $63,5 \text{ mm} \pm 1,27 \text{ mm}$ ($2,5 \text{ inch} \pm 0,05 \text{ inch}$).
- b. Panaskan kembali campuran beraspal tersebut hingga mencapai kekentalan (viskositas) yang disyaratkan seperti yang dijelaskan pada tabel

- c. Berihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk dengan seksama dan panaska pula bagian muka penumbuk sampai suhu antara 90°C – 150°C
- d. Letakkan cetakan diatas landasan pematat dan ditahan dengan pemegang cetakan
- e. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap dengan ukuran sesuai dasar cetakan
- f. Masukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan tusuk-tusuk campuran dengan spatula sebanyak 15 kali di sekeliling pinggirannya dan sebanyak 10 kali di bagaian tengahnya
- g. Letakkan kertas saring atau kertas penghisap di atas permukaan beda uji dengan ukuran sesuai cetakan
- h. Padatkan campuan dengan temperatur yang sesuai dengan kekentalan aspal yang merujuk pada tabel 3.1, dengan jumlah tumbukan :
 - ✓ 75 kali/sisi untuk lalulintas yang padat
 - ✓ 50 kali/sisi untuk lalulintas yang sedang
 - ✓ 35 kali/sisi untuk lalulintas yang ringan
- i. Sesudah pemadatan campuran dilakukan, lepaskan pelat alas dan pasang alat pengeluar pada permukaan ujung benda uji tersebut
- j. Keluarkan benda uji jika suhunya telah mendingin dan letakkan benda uji diatas permukaan yang rata dan beri tanda pengenal
- k. Bersihkan benda uji dari kotoran yang menempel
- l. Ukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm (0,004 inch)
- m. Timbang benda uji

- n. Rendam benda uji dalam air selama 10 – 24 jam supaya jenuh
- o. Setelah jenuh benda uji ditimbang dalam air
- p. Lalu keringkan benda uji dengan kain pada permukaannya agar diperoleh kondisi kering permukaan jenu (*saturated surface dry/ SSD*) kemudian timbang kembali
- q. Kemudian benda uji direndam dalam bak perendaman dengan pengaturan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit dan 24 jam untuk pengujian *Marshall* sisa
- r. Benda uji dikeluarkan dari bak perendaman, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas penekan, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat ditengah alat pembebanan, arloji kelelahan dipasang pada dudukan atas batang penuntun, lama proses ini tidak boleh lebih dari 30 detik
- s. Atur jarum arloji tekan pada kedudukan angka nol
- t. Berikan pembebanan pada benda uji dengan kecepatan tetap sekitar 50,8 mm (2 inch) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, untuk pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum (stabilitas) yang dicapai. Untuk benda uji dengan tebal tidak sama dengan 63,5 mm, beban harus dikoreksi dengan faktor yang diperlihatkan pada tabel 6.
- u. Catat nilai pelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum tercapai.

BAB IV

HASIL PENELITIAN & PEMBAHASAN

A. Hasil Pemeriksaan Ekstraksi

Pemeriksaan ini dilakukan untuk memeriksa kadar aspal campuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dan untuk mengetahui kadar filler campuran, hasil pemeriksaan ini diperlukan dalam pengolahan data analisis rongga dalam campuran (*VMA*) dan *dust proportion*. Adapun hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 7, tabel 8, tabel 9, tabel 10, dan tabel 11 :

Tabel 7. AC-WC Produksi tanggal 18 oktober 2019

Sieve	Asphalt Content : 5.98 %				Spesifikasi
	JMF : 5.95 %				
No	Total : 940.20 Gr				AC – WC
	Sample : 937.45 Gr				
	Wt. Ind	Wt.Ret	% Ret	% Pas	
3/4"		-	-	100.00	100
1/2"	46.35	46.35	4.93	95.07	90 – 100
3/8"	89.30	135.65	14.43	85.57	77 – 90
No.4	259.60	395.25	42.04	57.96	53 – 69
No.8	154.45	549.70	58.47	41.53	33 – 53
No.16	81.35	631.05	67.12	32.88	21 – 40
No.30	74.45	705.50	75.04	24.96	14 – 30
No.50	77.30	782.80	83.26	16.74	9 – 22
No.100	64.40	847.20	90.11	9.89	6 – 15
No.200	44.85	892.05	94.88	5.12	4 – 9
Pan	48.15	940.20	100.00	0.00	
Total		940.20			

Tabel 8.AC-WC Produksi tanggal 20 oktober 2019

Sieve	Asphalt Content (%) : 5.90 %				Spesifikasi
	JMF : 5.95 %				
No	Total : 941.00 Gr				AC – WC
	Sample : 937.95 Gr				
	Wt. Ind	Wt.Ret	% Ret	% Pas	
3/4"		-	-	100.00	100
1/2"	50.15	50.15	5.33	94.67	90 – 100
3/8"	78.10	128.25	13.63	86.37	77 – 90
No.4	258.30	386.55	41.08	58.92	53 – 69
No.8	170.05	556.60	59.15	40.85	33 – 53
No.16	81.85	638.45	67.85	32.15	21 – 40
No.30	57.60	696.05	73.97	26.03	14 – 30
No.50	94.65	790.70	84.03	15.97	9 – 22
No.100	67.55	858.25	91.21	8.79	6 – 15
No.200	28.90	887.15	94.28	5.72	4 – 9
Pan	53.85	941.00	100.00	0.00	
Total		941.00			

Tabel 9.AC-WC Produksi tanggal 25 oktober 2019

Sieve	Asphalt Content (%) : 5.87 %				Spesifikasi
	JMF : 5.95 %				
No	Total : 941.30 Gr				AC – WC
	Sample : 939.35 Gr				
	Wt. Ind	Wt.Ret	% Ret	% Pas	
3/4"		-	-	100.00	100
1/2"	45.45	45.45	4.83	95.17	90 – 100
3/8"	88.60	134.05	14.24	85.76	77 – 90
No.4	248.30	382.35	40.62	59.38	53 – 69
No.8	159.75	542.10	57.59	42.41	33 – 53
No.16	87.80	629.90	66.92	33.08	21 – 40
No.30	68.60	698.50	74.21	25.79	14 – 30
No.50	85.00	783.50	83.24	16.76	9 – 22
No.100	67.60	851.10	90.42	9.58	6 – 15
No.200	43.70	894.80	95.06	4.94	4 – 9
Pan	46.50	941.30	100.00	0.00	
Total		941.30			

Tabel 10.AC-WC Produksi tanggal 2 november 2019

Sieve	Asphalt Content : 4.94 % (%) JMF : 5.95 %				Spesifikasi
	Total : 950.60 Gr				
No	Sample : 948.00 Gr				AC – WC
	Wt. Ind	Wt.Ret	% Ret	% Pas	
3/4"		-	-	100.00	100
1/2"	65.05	65.05	6.84	93.16	90 – 100
3/8"	63.10	128.15	13.48	86.52	77 – 90
No.4	283.85	412.00	43.34	56.66	53 – 69
No.8	145.45	557.45	58.64	41.36	33 – 53
No.16	71.60	629.05	66.17	33.83	21 – 40
No.30	75.95	705.00	74.16	25.84	14 – 30
No.50	86.05	791.05	83.22	16.78	9 – 22
No.100	76.45	867.50	91.26	8.74	6 – 15
No.200	44.35	911.85	95.92	4.08	4 – 9
Pan	38.75	950.60	100.00	0.00	
Total		950.60			

Tabel 11.AC-WC Produksi tanggal 5 november 2019

Sieve	Asphalt Content : 5.25 % (%) JMF : 5.95 %				Spesifikasi
	Total : 947.50 gr				
No	Sample : 944.50 gr				AC – WC
	Wt. Ind	Wt.Ret	% Ret	% Pas	
3/4"		-	-	100.00	100
1/2"	40.10	40.10	4.23	95.77	90 – 100
3/8"	129.80	169.90	17.93	82.07	77 – 90
No.4	217.45	387.35	40.88	59.12	53 – 69
No.8	166.00	553.35	58.40	41.60	33 – 53
No.16	87.85	641.20	67.67	32.33	21 – 40
No.30	61.20	702.40	74.13	25.87	14 – 30
No.50	93.25	795.65	83.97	16.03	9 – 22
No.100	63.95	859.60	90.72	9.28	6 – 15
No.200	42.75	902.35	95.23	4.77	4 – 9
Pan	45.15	947.50	100.00	0.00	
Total		947.50			

B. Hasil Pengujian *Marshall* dan Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Pemeriksaan ini dilaksanakan untuk mengukur nilai *density*, *VMA*, *VIM*, *VFB*, stabilitas, *flow*, rasio lolos saringan No. 200 dengan kadar aspal efektif, *Marshall quotient*, indeks kekuatan sisa, dan *dust proportion*. Pemeriksaan ini memeriksa lima campuran *AC-WC* (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan tanggal produksi yang berbeda, dikarenakan jenis campuran adalah campuran *AC-WC* (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) maka dalam proses pemadatan laboratorium harus ditumbuk sebanyak 75 kali tumbukan untuk setiap sisi sampel briquetnya dengan menggunakan alat penumbuk manual yang mempunyai permukaan rata berbentuk silinder dengan diameter 9,8 cm (3,86 inch), berat 4,5 kg (10 lbs) dengan tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18 inch), suhu campuran saat akan proses pemadatan adalah $\pm 127^{\circ}$ C ,yang dimana setiap campuran terdiri dari 16 sampel benda uji yang dimana terbagi atas 8 sampel benda uji untuk perendaman 30 menit dengan suhu 60° C dan 8 sampel benda uji untuk perendaman selama 24 jam dengan suhu 60° C. Adapun hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada tabel 12, tabel 13, tabel 14, tabel 15, tabel 16 :

Pengujian Marshall Laston - Lapis Aus (AC - WC)

(SNI 06 - 2489 - 1991)

Tanggal produksi : 20-10-2019

No.	% Aspal	% Aspal	Berat Uji Benda			Isi Benda	Berat Isi	Berat Jenis	% Rongga			Bacaan	Stabilitas		Flow	Rasio L. 200	Kadar	Marshall
	terhadap	terhadap	Kering	Dalam Air	SSD	Uji	Benda	Benda	Diantara	Terhadap	Terisi	Arloji	T hd. Kalib.	T hd. Krksi		Dengan K.A	Aspal Eff.	Quetiont
	Campuran	Agregat	(gram)	(gram)	(gram)	(cc)	Uji	Uji	Aggregat	Campuran	Aspal	Stabilitas	Prov Ring	Benda Uji		Efektif		
	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(cc)	(gr/cc)	(gr/cc)	(%)	(%)	(%)		(kg)	(kg)		(%)	(%)	(kg/mm)
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	
1	5.90	6.27	1193.50	683.00	1203.05	520.05	2.295	2.397	15.87	4.26	73.18	116	3459.12	1570.44	3.0	1.189	4.811	523.48
2	5.90	6.27	1181.15	679.55	1193.10	513.55	2.300	2.397	15.69	4.05	74.20	118	3518.76	1597.52	2.5	1.189	4.811	639.01
3	5.90	6.27	1205.75	687.65	1214.20	526.55	2.290	2.397	16.06	4.47	72.18	114	3399.48	1481.63	2.8	1.189	4.811	529.15
4	5.90	6.27	1193.15	682.10	1202.90	520.80	2.291	2.397	16.02	4.42	72.39	120	3578.40	1624.59	2.8	1.189	4.811	580.21
5	5.90	6.27	1196.80	681.80	1204.90	523.10	2.288	2.397	16.13	4.55	71.78	112	3339.84	1455.64	2.5	1.189	4.811	582.25
6	5.90	6.27	1189.45	682.10	1200.15	518.05	2.296	2.397	15.83	4.21	73.39	118	3518.76	1597.52	2.5	1.189	4.811	639.01
7	5.90	6.27	1192.05	683.95	1200.45	516.50	2.308	2.397	15.40	3.72	75.87	122	3638.04	1651.67	2.6	1.189	4.811	635.26
8	5.90	6.27	1186.85	679.75	1196.00	516.25	2.299	2.397	15.72	4.09	74.00	110	3280.20	1489.21	2.8	1.189	4.811	531.86
Rata-Rata (Perendaman ± 30 menit dengan suhu 60°C)							2.296	2.397	15.84	4.22	73.36	116	3466.58	1558.53	2.7	1.189	4.811	582.53
9	5.90	6.27	1197.60	687.00	1207.25	520.25	2.302	2.397	15.62	3.96	74.61	110	3280.20	1489.21	3.3	1.189	4.811	451.28
10	5.90	6.27	1198.55	681.95	1205.55	523.60	2.289	2.397	16.09	4.50	72.01	100	2982.00	1299.67	3.0	1.189	4.811	433.22
11	5.90	6.27	1185.50	683.40	1196.60	513.20	2.310	2.397	15.32	3.63	76.31	115	3429.30	1556.90	3.5	1.189	4.811	444.83
12	5.90	6.27	1190.80	682.25	1202.00	519.75	2.291	2.397	16.01	4.42	72.41	102	3041.64	1380.90	3.3	1.189	4.811	418.46
13	5.90	6.27	1196.10	682.10	1203.05	520.95	2.296	2.397	15.83	4.21	73.39	103	3071.46	1394.44	3.7	1.189	4.811	376.88
14	5.90	6.27	1188.50	679.75	1196.50	516.75	2.300	2.397	15.69	4.05	74.19	106	3160.92	1435.06	3.2	1.189	4.811	448.46
15	5.90	6.27	1203.70	688.10	1210.75	522.65	2.303	2.397	15.58	3.92	74.84	112	3339.84	1516.29	3.4	1.189	4.811	445.97
16	5.90	6.27	1190.85	684.10	1201.65	517.55	2.301	2.397	15.65	4.01	74.40	112	3339.84	1516.29	3.0	1.189	4.811	505.43
Rata-Rata (Perendaman ± 24 jam dengan suhu 60°C)							2.299	2.397	15.72	4.09	74.00	108	3205.65	1448.60	3.3	1.189	4.811	440.56
SPEKIFIKASI								M in	15	3	65			800	2	0.6		
								M a x	-	5	-			-	4	1.2		
Indeks Kekuatan Sisa									=	1448.6	=	92.95	%					
										1558.5								
Dust Proportion									=	5.72	=	0.97	%					
										5.90								

Pengujian Marshall Laston - Lapis Aus (AC - WC)

(SNI 06 - 2489 - 1991)

Tanggal produksi : 2-11-2019

No.	% Aspal	% Aspal	Berat Uji Benda			Isi Benda	Berat Isi	Berat Jenis	% Rongga			Bacaan	Stabilitas		Flow	Rasio L. 200	Kadar	Marshall	
	terhadap	terhadap	Kering	Dalam Air	SSD	Uji	Benda	Benda	Diantara	Terhadap	Terisi	Arloji	T hd. Kalib.	T hd. Krksi		Dengan K.A	Aspal Eff.	Quetiont	
	Campuran	Agregat	(gram)	(gram)	(gram)	(cc)	(gr/cc)	(gr/cc)	Aggregat	Campuran	Aspal	Stabilitas	Prov Ring	Benda Uji		Efektif	(%)	(%)	(kg/mm)
	(%)	(%)	(gram)	(gram)	(gram)	(cc)	(gr/cc)	(gr/cc)	(%)	(%)	(%)		(kg)	(mm)		(%)	(%)	(kg/mm)	
a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r		
1	4.94	5.20	1193.40	682.75	1201.85	519.10	2.299	2.397	14.87	4.09	72.49	112	3339.84	1516.29	2.5	1.059	3.851	606.51	
2	4.94	5.20	1186.05	675.40	1193.10	517.70	2.291	2.397	15.16	4.42	70.83	105	3131.10	1421.52	2.7	1.059	3.851	526.49	
3	4.94	5.20	1196.25	687.60	1205.70	518.10	2.309	2.397	14.50	3.67	74.65	118	3518.76	1597.52	3.0	1.059	3.851	532.51	
4	4.94	5.20	1194.50	686.35	1203.25	516.90	2.311	2.397	14.42	3.59	75.09	122	3638.04	1651.67	2.9	1.059	3.851	569.54	
5	4.94	5.20	1198.75	686.90	1209.45	522.55	2.294	2.397	15.05	4.30	71.46	106	3160.92	1435.06	2.8	1.059	3.851	512.52	
6	4.94	5.20	1187.90	679.85	1199.50	519.65	2.286	2.397	15.35	4.63	69.82	102	3041.64	1380.90	2.4	1.059	3.851	575.38	
7	4.94	5.20	1185.30	683.05	1197.30	514.25	2.305	2.397	14.65	3.84	73.77	120	3578.40	1624.59	3.1	1.059	3.851	524.06	
8	4.94	5.20	1189.10	681.75	1200.35	518.60	2.293	2.397	15.09	4.34	71.22	107	3190.74	1448.60	3.0	1.059	3.851	482.87	
Rata-Rata (Perendaman ± 30 menit dengan suhu 60°C)							2.298	2.397	14.88	4.11	72.38	112	3324.93	1509.52	2.8	1.059	3.851	541.23	
9	4.94	5.20	1191.45	679.70	1202.25	522.55	2.280	2.397	15.57	4.88	68.66	92	2743.44	1245.52	3.0	1.059	3.851	415.17	
10	4.94	5.20	1195.10	685.70	1203.75	518.05	2.307	2.397	14.57	3.76	74.21	110	3280.20	1489.21	3.4	1.059	3.851	438.00	
11	4.94	5.20	1189.50	680.00	1196.50	516.50	2.303	2.397	14.72	3.92	73.35	108	3220.56	1462.13	3.3	1.059	3.851	443.07	
12	4.94	5.20	1192.35	682.55	1201.65	519.10	2.297	2.397	14.94	4.17	72.06	105	3131.10	1421.52	3.0	1.059	3.851	473.84	
13	4.94	5.20	1190.20	678.60	1197.90	519.30	2.292	2.397	15.13	4.38	71.02	99	2952.18	1340.29	2.9	1.059	3.851	462.17	
14	4.94	5.20	1191.25	684.00	1202.15	518.15	2.299	2.397	14.86	4.09	72.50	100	2982.00	1353.83	3.2	1.059	3.851	423.07	
15	4.94	5.20	1194.55	683.50	1201.75	518.25	2.305	2.397	14.64	3.84	73.78	108	3220.56	1462.13	3.2	1.059	3.851	456.92	
16	4.94	5.20	1190.05	685.85	1200.35	514.50	2.313	2.397	14.35	3.50	75.58	115	3429.30	1556.90	3.2	1.059	3.851	486.53	
Rata-Rata (Perendaman ± 24 jam dengan suhu 60°C)							2.299	2.397	14.85	4.07	72.60	105	3119.92	1416.44	3.2	1.059	3.851	449.85	
SPEKIFIKASI								M in	15	3	65			800	2	0.6			
								M a x	-	5	-			-	4	1.2			
Indeks Kekuatan Sisa									=	1416.4	=	93.83	%						
										1509.5									
Dust Proportion									=	4.08	=	0.83	%						
										4.94									

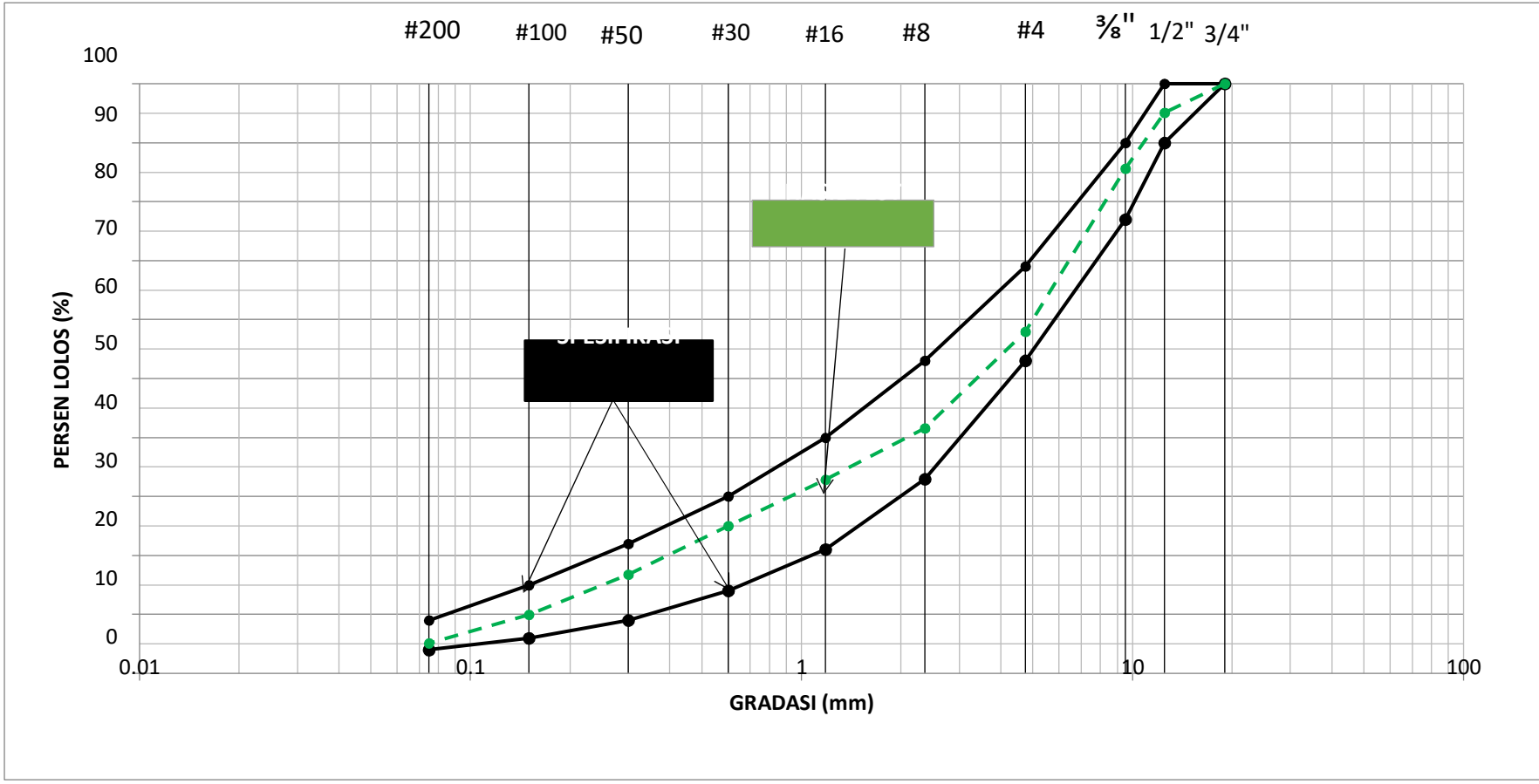
C. Pembahasan & Evaluasi Pemeriksaan Ekstraksi

a. Ekstraksi campuran AC-WC produksi tanggal 18 oktober 2019

Tabel 17.Ekstraksi produksi tanggal 18 oktober 2019

Sieve No	Asphalt Content (%) : 5.98 %	
	JMF : 5.95 %	
	% Pas	Spesifikasi AC – WC
3/4"	100.00	100
1/2"	95.07	90 – 100
3/8"	85.57	77 – 90
No.4	57.96	53 – 69
No.8	41.53	33 – 53
No.16	32.88	21 – 40
No.30	24.96	14 – 30
No.50	16.74	9 – 22
No.100	9.89	6 – 15
No.200	5.12	4 – 9

Berdasarkan pada Tabel 17 pemeriksaan ini menunjukkan nilai kadar aspal sebesar 5,98 % dari total campuran, nilai tersebut lebih besar 0,03 % dari kadar aspal rencana atau yang biasa disebut juga JMF (*Job Mix Formula*) yang dimana pada JMF kadar aspalnya yaitu 5,95 %. Pada pemeriksaan ini juga menunjukkan nilai gradasi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) pada produksi tanggal 18 oktober 2019 yang dimana hasil gradasinya menunjukkan bahwa campuran AC-WC tersebut terdiri dari 42,04 % agregat kasar, lalu 52,84 % agregat halus, dan 5,12 % filler, berdasarkan hasil evaluasi gradasi campuran ini masih sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat campuran AC-WC, evaluasi gradasi campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 1 agar nilai-nilai gradasinya dapat divisualisasikan.



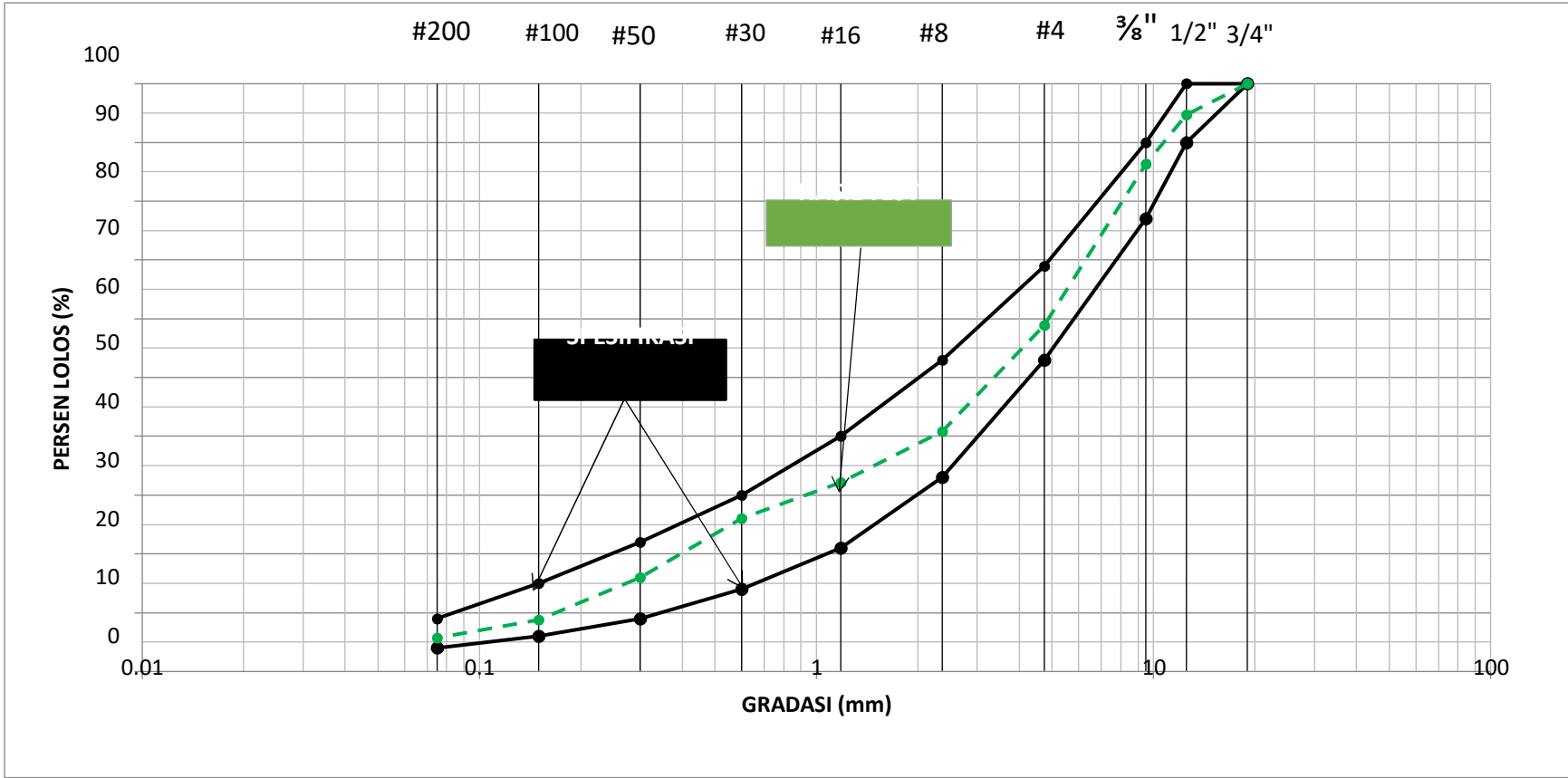
Grafik 1. Gradasi campuran AC-WC Produksi tanggal 18 oktober 2019

b. Ekstraksi campuran AC-WC produksi tanggal 20 oktober 2019

Tabel 18.Ekstraksi produksi tanggal 20 oktober 2019

Sieve No	Asphalt Content (%) : 5.90 % JMF : 5.95 %	
	% Pas	Spesifikasi AC – WC
3/4"	100.00	100
1/2"	94.67	90 – 100
3/8"	86.37	77 – 90
No.4	58.92	53 – 69
No.8	40.85	33 – 53
No.16	32.15	21 – 40
No.30	26.03	14 – 30
No.50	15.97	9 – 22
No.100	8.79	6 – 15
No.200	5.72	4 – 9

Berdasarkan pada Tabel 18 pemeriksaan ini menunjukkan nilai kadar aspal sebesar 5,90 % dari total campuran, nilai tersebut lebih kecil 0,05 % dari kadar aspal rencana atau yang biasa disebut juga JMF (*Job Mix Formula*) yang dimana pada JMF kadar aspalnya yaitu 5,95 %. Pada pemeriksaan ini juga menunjukkan nilai gradasi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) pada produksi tanggal 20 oktober 2019 yang dimana hasil gradasinya menunjukkan bahwa campuran AC-WC tersebut terdiri dari 41,08 % agregat kasar, lalu 53,20 % agregat halus, dan 5,72 % filler, berdasarkan hasil evaluasi gradasi campuran ini masih sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat campuran AC-WC, evaluasi gradasi campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 2 agar nilai-nilai gradasinya dapat divisualisasikan dengan batas-batas spesifikasi gradasi campuran AC-WC dengan seperti itu maka hasil evaluasi lebih mudah dipahami.



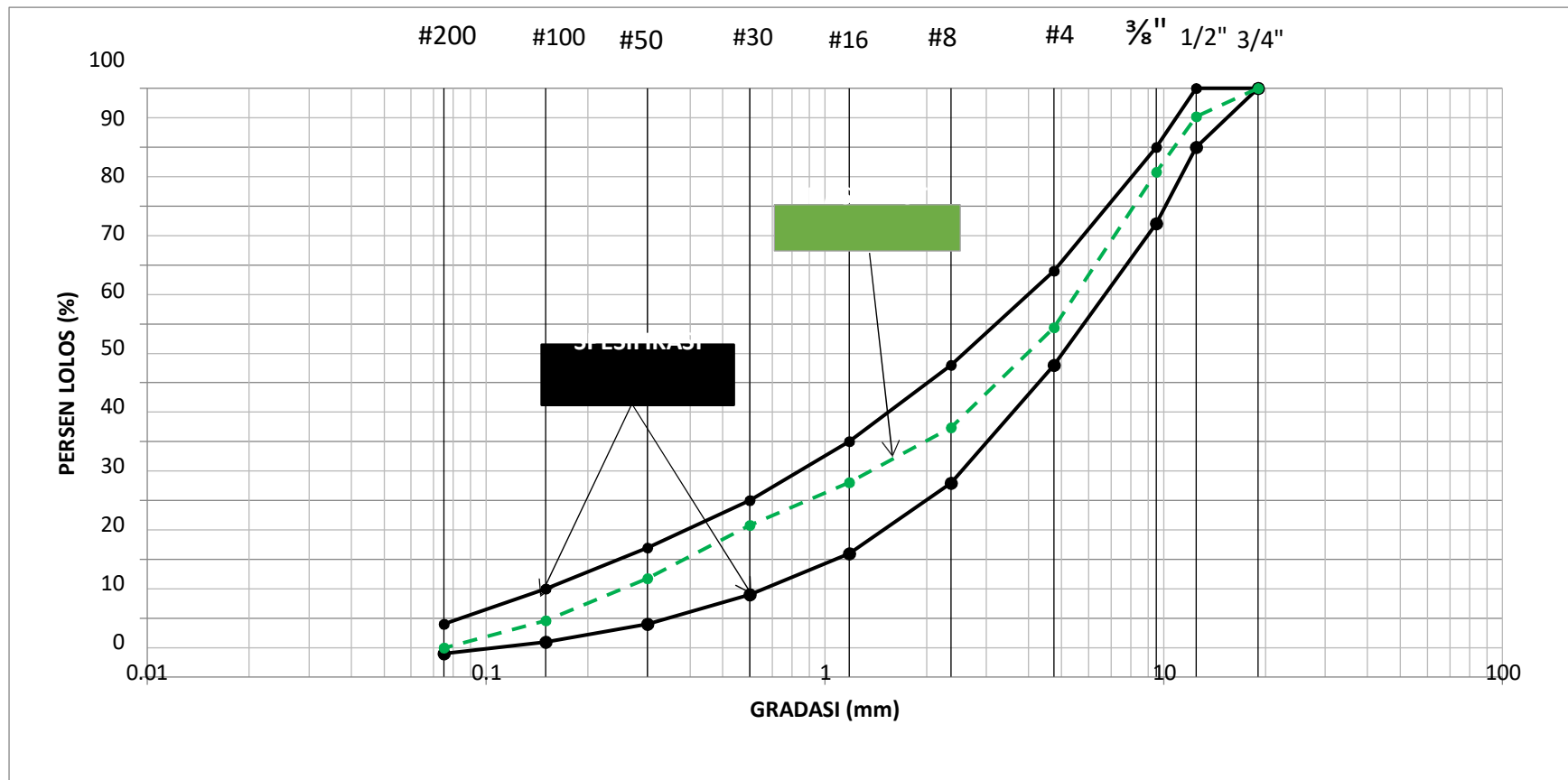
Grafik 2. Gradasi campuran AC-WC Produksi tanggal 20 oktober 2019

c. **Ekstraksi campuran AC-WC produksi tanggal 25 oktober 2019**

Tabel 19.Ekstraksi produksi tanggal 25 oktober 2019

Sieve	Asphalt Content (%)	: 5.87 %
	JMF	: 5.95 %
No	% Pas	Spesifikasi AC – WC
3/4"	100.00	100
1/2"	95.17	90 – 100
3/8"	85.76	77 – 90
No.4	59.38	53 – 69
No.8	42.41	33 – 53
No.16	33.08	21 – 40
No.30	25.79	14 – 30
No.50	16.76	9 – 22
No.100	9.58	6 – 15
No.200	4.94	4 – 9

Berdasarkan pada Tabel 19 pemeriksaan ini menunjukkan nilai kadar aspal sebesar 5,87 % dari total campuran, nilai tersebut lebih kecil 0,08 % dari kadar aspal rencana atau yang biasa disebut juga JMF (*Job Mix Formula*) yang dimana pada JMF kadar aspalnya yaitu 5,95 %. Pada pemeriksaan ini juga menunjukkan nilai gradasi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) pada produksi tanggal 25 oktober 2019 yang dimana hasil gradasinya menunjukkan bahwa campuran AC-WC tersebut terdiri dari 40,62 % agregat kasar, lalu 54,44 % agregat halus, dan 4,94 % filler, berdasarkan hasil evaluasi gradasi campuran ini masih sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat campuran AC-WC, evaluasi gradasi campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 3 agar nilai-nilai gradasinya dapat divisualisasikan dengan batas-batas spesifikasi gradasi campuran AC-WC dengan seperti itu maka hasil evaluasi lebih mudah dipahami.



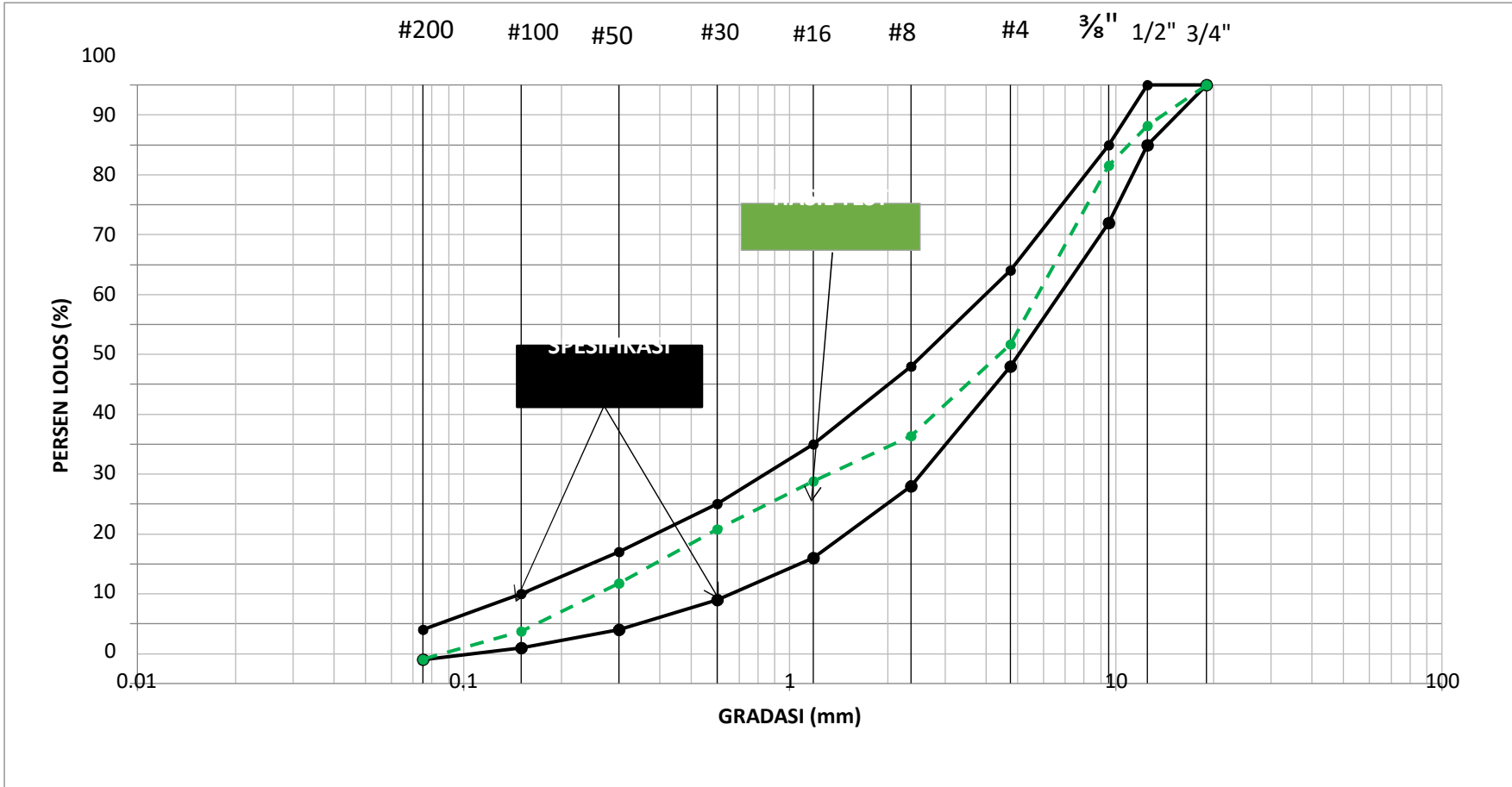
Grafik 3. Gradasi campuran AC-WC Produksi tanggal 25 oktober 2019

d. **Ekstraksi campuran AC-WC produksi tanggal 2 november 2019**

Tabel 20.Ekstraksi produksi tanggal 2november 2019

Sieve	Asphalt Content (%)	: 4.94 %
	JMF (%)	: 5.95 %
No	% Pas	Spesifikasi AC – WC
3/4"	100.00	100
1/2"	93.16	90 – 100
3/8"	86.52	77 – 90
No.4	56.66	53 – 69
No.8	41.36	33 – 53
No.16	33.83	21 – 40
No.30	25.84	14 – 30
No.50	16.78	9 – 22
No.100	8.74	6 – 15
No.200	4.08	4 – 9

Berdasarkan pada Tabel 20 pemeriksaan ini menunjukkan nilai kadar aspal sebesar 4,94 % dari total campuran, nilai tersebut lebih kecil 1,01 % dari kadar aspal rencana atau yang biasa disebut juga JMF (*Job Mix Formula*) yang dimana pada JMF kadar aspalnya yaitu 5,95 %. Pada pemeriksaan ini juga menunjukkan nilai gradasi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) pada produksi tanggal 2 november 2019 yang dimana hasil gradasinya menunjukkan bahwa campuran AC-WC tersebut terdiri dari 43,34 % agregat kasar, lalu 52,58 % agregat halus, dan 4,08 % filler, berdasarkan hasil evaluasi gradasi campuran ini masih sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat campuran AC-WC, evaluasi gradasi campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 4 agar nilai-nilai gradasinya dapat divisualisasikan dengan batas-batas spesifikasi gradasi campuran AC-WC dengan seperti itu maka hasil evaluasi lebih mudah dipahami.



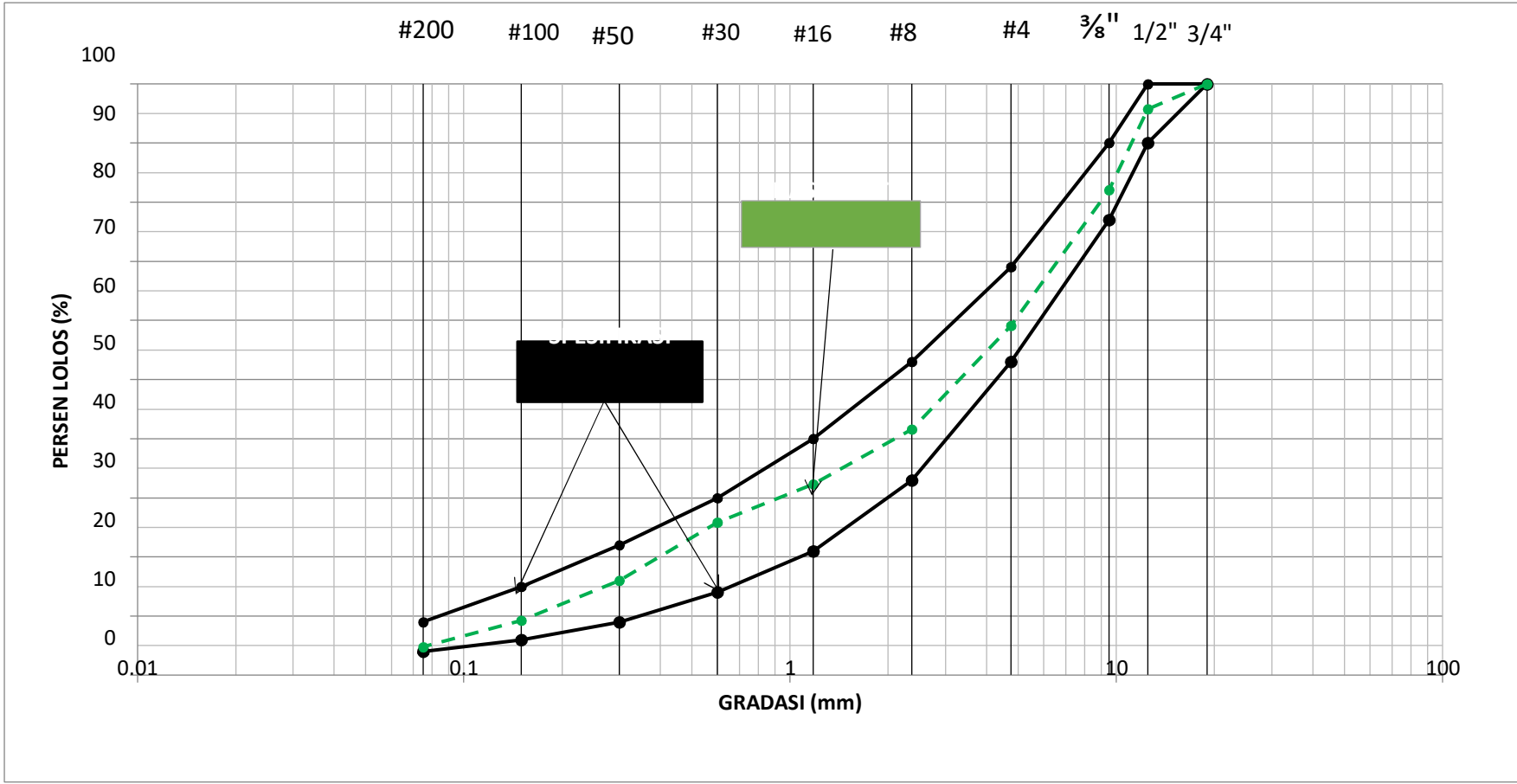
Grafik 4. Gradasi campuran AC-WC Produksi tanggal 2 november 2019

e. **Ekstraksi campuran AC-WC produksi tanggal 5 november 2019**

Tabel 21.Ekstraksi produksi tanggal 5november 2019

Sieve	Asphalt Content (%)	: 5.25 %
	JMF (%)	: 5.95 %
No	% Pas	Spesifikasi AC – WC
3/4"	100.00	100
1/2"	95.77	90 – 100
3/8"	82.07	77 – 90
No.4	59.12	53 – 69
No.8	41.60	33 – 53
No.16	32.33	21 – 40
No.30	25.87	14 – 30
No.50	16.03	9 – 22
No.100	9.28	6 – 15
No.200	4.77	4 – 9

Berdasarkan pada Tabel 21 pemeriksaan ini menunjukkan nilai kadar aspal sebesar 5,25 % dari total campuran, nilai tersebut lebih kecil 0,75 % dari kadar aspal rencana atau yang biasa disebut juga JMF (*Job Mix Formula*) yang dimana pada JMF kadar aspalnya yaitu 5,95 %. Pada pemeriksaan ini juga menunjukkan nilai gradasi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) pada produksi tanggal 5 november 2019 yang dimana hasil gradasinya menunjukkan bahwa campuran AC-WC tersebut terdiri dari 40,88 % agregat kasar, lalu 54,35 % agregat halus, dan 4,77 % filler, berdasarkan hasil evaluasi gradasi campuran ini masih sesuai dengan spesifikasi gradasi agregat campuran AC-WC, evaluasi gradasi campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 5 agar nilai-nilai gradasinya dapat divisualisasikan dengan batas-batas spesifikasi gradasi campuran AC-WC dengan seperti itu maka hasil evaluasi lebih mudah dipahami.



Grafik 5. Gradasi campuran AC-WC Produksi tanggal 5 november 2019

D. Pembahasan & Evaluasi Pengujian *Marshall*

Pengujian *Marshall* merupakan serangkaian pengujian campuran beraspal yang mengukur beberapa sifat-sifat yang ada pada campuran beraspal tersebut dan sifat-sifat yang dimaksud ialah *density*, *VMA*, *VIM*, *VFB*, stabilitas, *flow*, rasio lolos saringan No. 200 dengan kadar aspal efektif, *Marshall quotient*, indeks kekuatan sisa, dan *dust proportion*. Dalam hal evaluasi, penelitian ini berdasar pada spesifikasi umum Binamarga Kementerian PUPR divisi 6 perkerasan aspal tahun 2018.

a. Campuran AC-WC produksi tanggal 18 oktober 2019

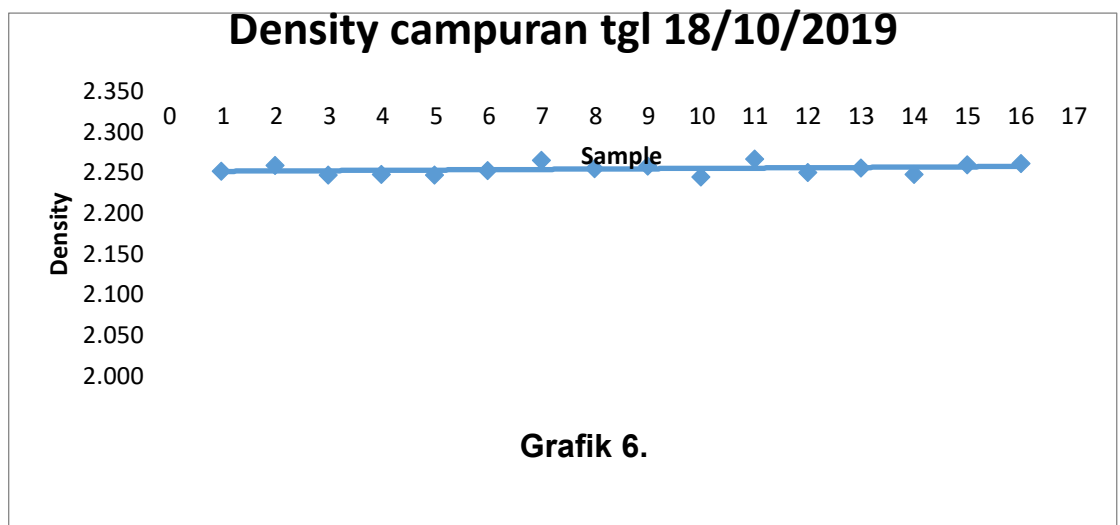
1. *Density*

Tabel 22.*Density* produksi tanggal 18 oktober 2019

No	Berat Isi Benda Uji	Berat Jenis Maksimum Benda Uji
	(gr/cc)	(gr/cc)
1	2.294	2.397
2	2.301	2.397
3	2.289	2.397
4	2.290	2.397
5	2.289	2.397
6	2.295	2.397
7	2.307	2.397
8	2.297	2.397
9	2.300	2.397
10	2.287	2.397
11	2.309	2.397
12	2.292	2.397
13	2.298	2.397

14	2.290	2.397
15	2.302	2.397
16	2.303	2.397
Rata - rata	2.296	2.397

Berdasarkan pada Tabel 22 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *density* rata - rata sebesar 2,296gr/cc nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *density* belum mencapai nilai berat jenis maksimum yaitu sebesar 2,397 gr/cc. Evaluasi *density* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 6 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

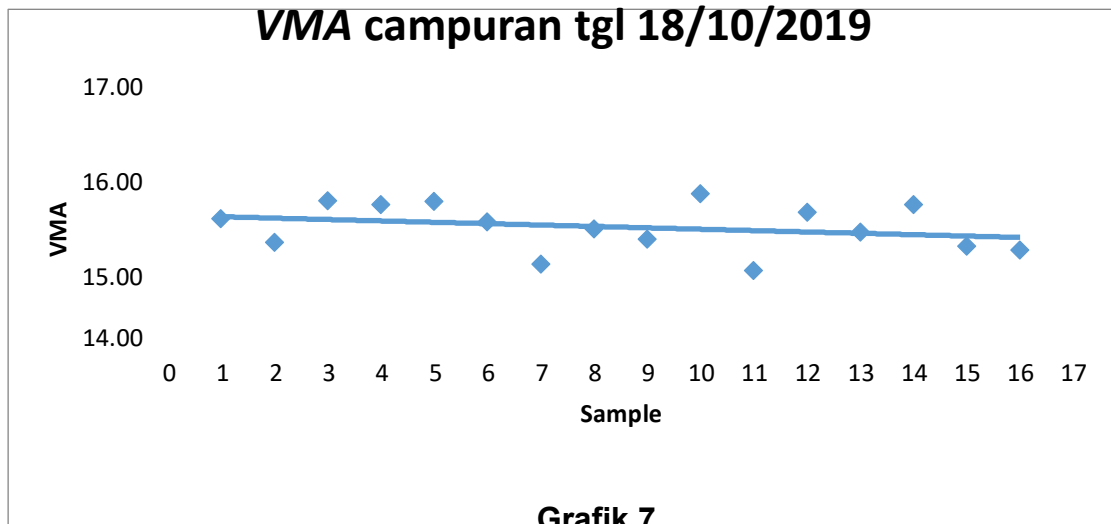


2. *VMA (Voids in Mineral Agreggate)***Tabel 23.** *VMA* produksi tanggal 18 oktober 2019

No	Rongga Diantara Agregat	Spesifikasi Min Rongga Diantara Agregat
	(%)	(%)
1	15.98	15
2	15.73	15
3	16.17	15
4	16.13	15
5	16.16	15
6	15.94	15
7	15.50	15
8	15.87	15
9	15.76	15
10	16.24	15
11	15.43	15
12	16.05	15
13	15.83	15
14	16.13	15
15	15.69	15
16	15.65	15
Rata - rata	15.89	15

Berdasarkan pada Tabel 23 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VMA (Voids in Meneral Agreggate)* atau rongga diantara agregatrata - rata sebesar 15,89% nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VMA* campuran berada diatas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 15 %.Evaluasi

VMA campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 7 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



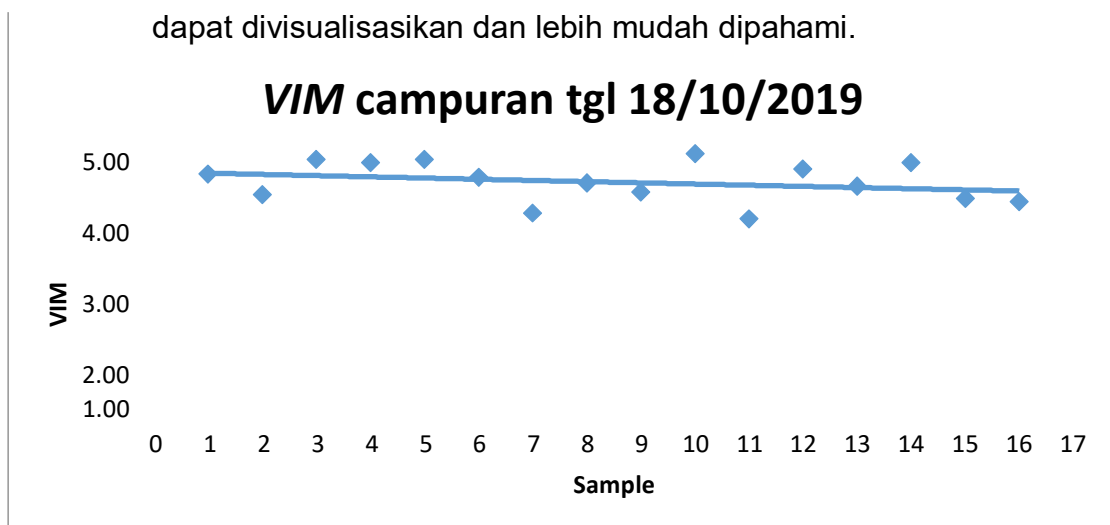
3. VIM (Voids in Mix)

Tabel 24. VMI produksi tanggal 18 oktober 2019

No	Rongga Terhadap Campuran	Spesifikasi Rongga Terhadap Campuran
	(%)	(%)
1	4.30	3 – 5
2	4.01	3 – 5
3	4.51	3 – 5
4	4.47	3 – 5
5	4.50	3 – 5
6	4.26	3 – 5
7	3.75	3 – 5
8	4.17	3 – 5
9	4.05	3 – 5
10	4.59	3 – 5
11	3.67	3 – 5

12	4.38	3 – 5
13	4.13	3 – 5
14	4.46	3 – 5
15	3.96	3 – 5
16	3.92	3 – 5
Rata - rata	4.20	3 – 5

Berdasarkan pada Tabel 24 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VIM* (*Voids in Mix*) atau rongga terhadap campuran rata - rata sebesar 4,20 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VIM* campuran berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 3- 5 %. Evaluasi *VIM* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 8 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



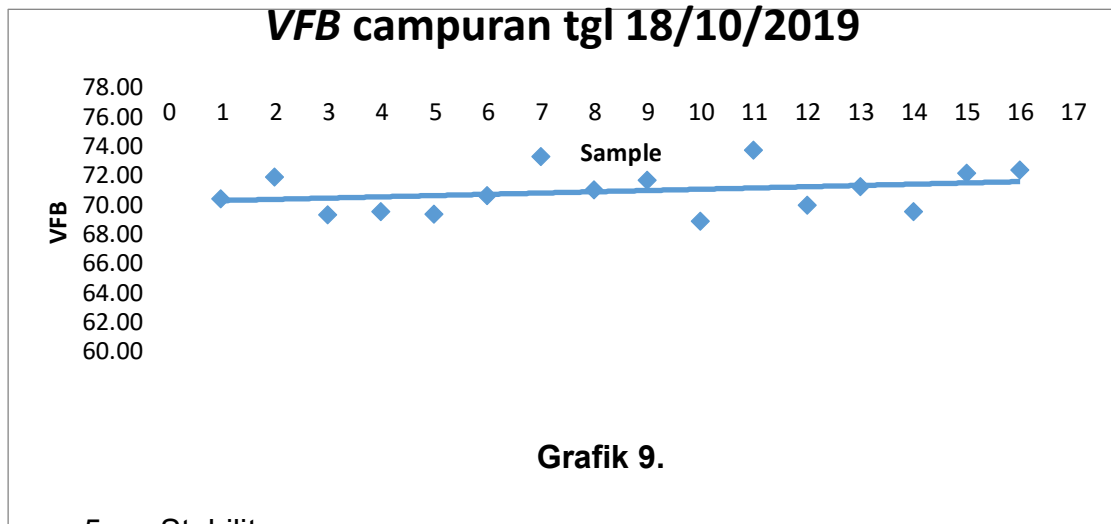
Grafik 8.

4. *VFB (Voids Filled with Bitumen)***Tabel 25.** *VFB* produksi tanggal 18 oktober 2019

No	Rongga Terisi Aspal (%)	SpesifikasiMin Rongga Terisi Aspal (%)
	1	73.10
2	74.51	65
3	72.10	65
4	72.31	65
5	72.13	65
6	73.30	65
7	75.81	65
8	73.70	65
9	74.30	65
10	71.72	65
11	76.20	65
12	72.73	65
13	73.90	65
14	72.32	65
15	74.74	65
16	74.96	65
Rata - rata	73.61	65

Berdasarkan pada Tabel 25 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VFB (Voids Filled With Bitumen)* atau rongga terisi aspal rata - rata sebesar 73,61 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VFB* campuran berada diatas batas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 65 %. Evaluasi *VFB* campuran

ini juga ditampilkan dalam grafik 9 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

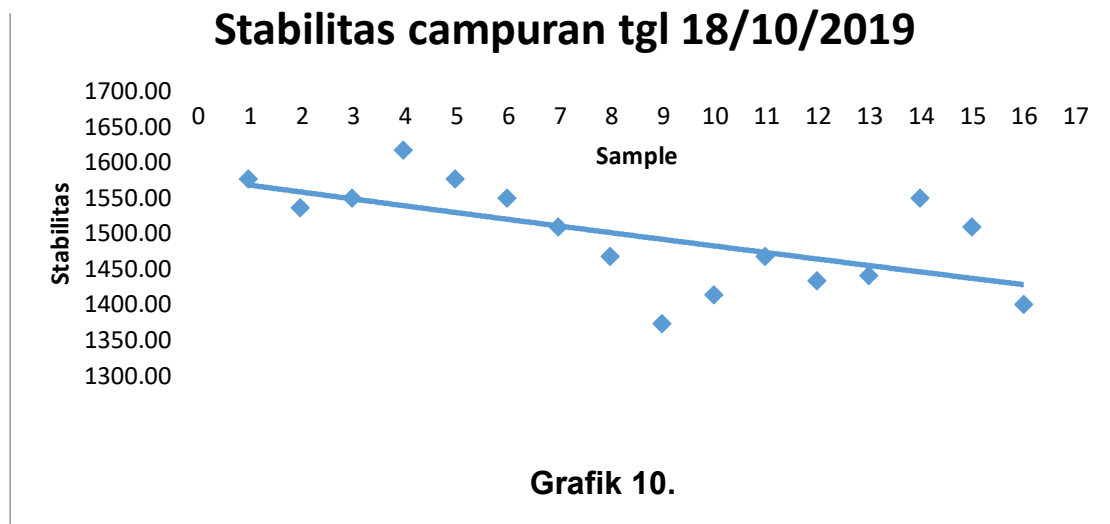


Tabel 26. Stabilitas produksi tanggal 18 oktober 2019

No	Stabilitas	SpesifikasiMin
	Campuran	Stabilitas
	(kg)	Campuran
		(kg)
1	1624.59	800
2	1583.98	800
3	1597.52	800
4	1665.21	800
5	1624.59	800
6	1597.52	800
7	1556.90	800
8	1516.29	800
9	1421.52	800
10	1462.13	800
11	1516.29	800

12	1481.63	800
13	1489.21	800
14	1597.52	800
15	1556.90	800
16	1448.60	800
Rata - rata	1546.27	800

Berdasarkan pada Tabel 26 pemeriksaan ini menunjukkan nilai Stabilitas atau kemampuan sebuah aspal beton dalam menahan beban dengan nilai rata - rata sebesar 1546,27kg nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai Stabilitascampurannya berada diatas batas nilai minimumspesifikasi yaitu sebesar 800kg. Evaluasi Stabilitas campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 10 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

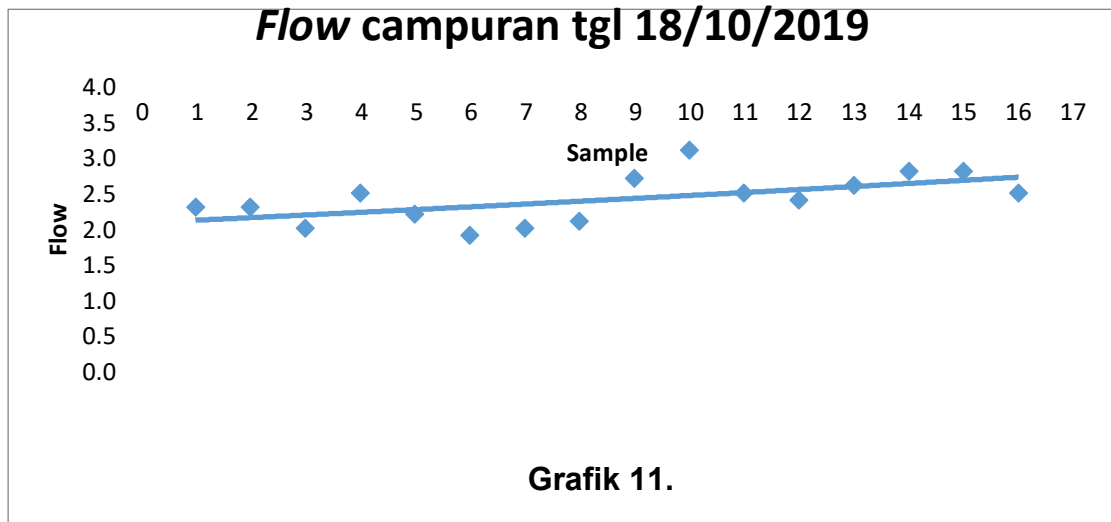


6. *Flow***Tabel 27.** *Flow* produksi tanggal 18 oktober 2019

No	Flow Campuran	Spesifikasi Flow Campuran
	(mm)	(mm)
1	2.8	2 – 4
2	2.8	2 – 4
3	2.5	2 – 4
4	3.0	2 – 4
5	2.7	2 – 4
6	2.4	2 – 4
7	2.5	2 – 4
8	2.6	2 – 4
9	3.2	2 – 4
10	3.6	2 – 4
11	3.0	2 – 4
12	2.9	2 – 4
13	3.1	2 – 4
14	3.3	2 – 4
15	3.3	2 – 4
16	3.0	2 – 4
Rata - rata	2.9	2 – 4

Berdasarkan pada Tabel 27 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *Flow* atau penurunan yang dialami aspal beton saat menerima babandingan nilai rata - rata sebesar 2,9mm nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *Flow* aspal beton berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 2 - 4mm. Evaluasi *Flow* campuran ini juga

ditampilkan dalam grafik 11 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



b. Campuran AC-WC produksi tanggal 20 oktober 2019

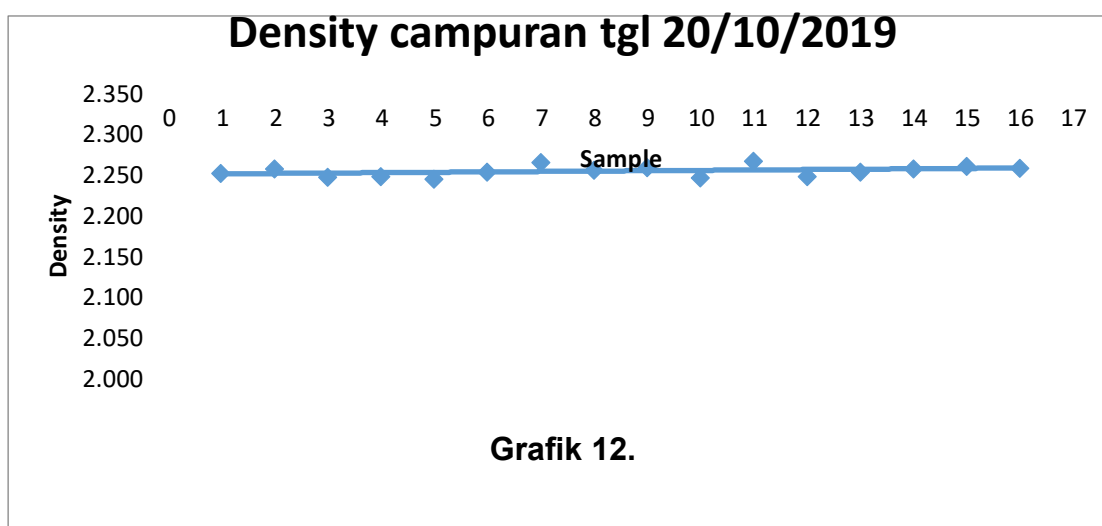
1. *Density*

Tabel 28. *Density* produksi tanggal 20 oktober 2019

No	Berat Isi Benda Uji	Berat Jenis Maksimum Benda Uji
	(gr/cc)	(gr/cc)
1	2.295	2.397
2	2.300	2.397
3	2.290	2.397
4	2.291	2.397
5	2.288	2.397
6	2.296	2.397
7	2.308	2.397
8	2.299	2.397
9	2.302	2.397

10	2.289	2.397
11	2.310	2.397
12	2.291	2.397
13	2.296	2.397
14	2.300	2.397
15	2.303	2.397
16	2.301	2.397
Rata - rata	2.297	2.397

Berdasarkan pada Tabel 28 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *density* rata - rata sebesar 2,297gr/cc nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *density* belum mencapai nilai berat jenis maksimum yaitu sebesar 2,397 gr/cc. Evaluasi *density* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 12 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

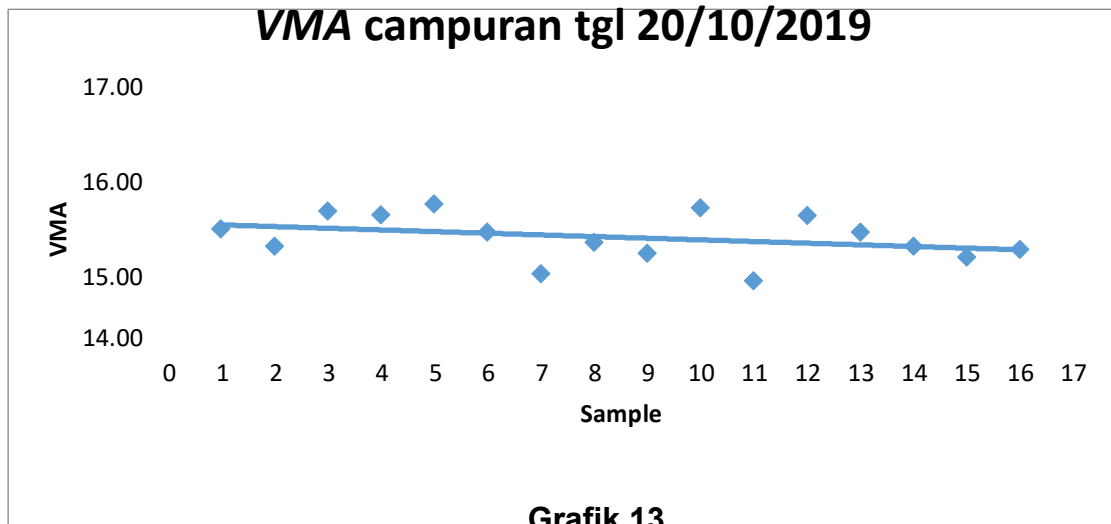


2. *VMA (Voids in Mineral Agreggate)***Tabel 29.** *VMA* produksi tanggal 20 oktober 2019

No	Rongga Diantara Agregat	Spesifikasi Min Rongga Diantara Agregat
	(%)	(%)
1	15.87	15
2	15.69	15
3	16.06	15
4	16.02	15
5	16.13	15
6	15.83	15
7	15.40	15
8	15.72	15
9	15.62	15
10	16.09	15
11	15.32	15
12	16.01	15
13	15.83	15
14	15.69	15
15	15.58	15
16	15.65	15
Rata - rata	15.78	15

Berdasarkan pada Tabel 29 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VMA (Voids in Meneral Agregate)* atau rongga diantara agregat rata - rata sebesar 15,78% nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VMA* campuran berada diatas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 15 %.Evaluasi

VMA campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 13 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



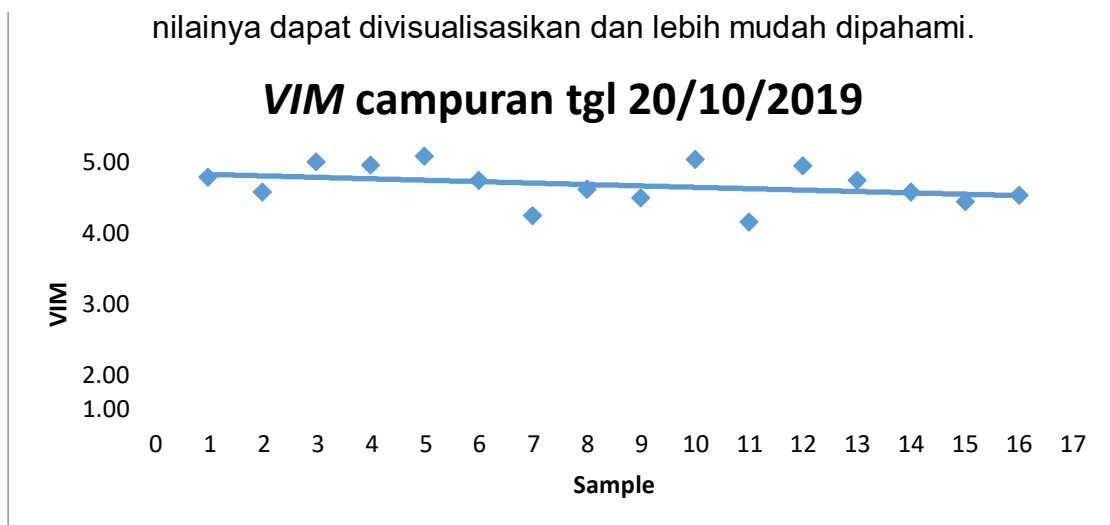
3. VIM (Voids in Mix)

Tabel 30. VMI produksi tanggal 20 oktober 2019

No	Rongga Terhadap Campuran	Spesifikasi Rongga Terhadap Campuran
	(%)	(%)
1	4.26	3 – 5
2	4.05	3 – 5
3	4.47	3 – 5
4	4.42	3 – 5
5	4.55	3 – 5
6	4.21	3 – 5
7	3.72	3 – 5
8	4.09	3 – 5
9	3.96	3 – 5
10	4.50	3 – 5
11	3.63	3 – 5

12	4.42	3 – 5
13	4.21	3 – 5
14	4.05	3 – 5
15	3.92	3 – 5
16	4.01	3 – 5
Rata – rata	4.15	3 – 5

Berdasarkan pada Tabel 30 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VIM* (*Voids in Mix*) atau rongga terhadap campuran rata - rata sebesar 4,15 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VIM* campuran berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 3- 5 %. Evaluasi *VIM* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 14 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



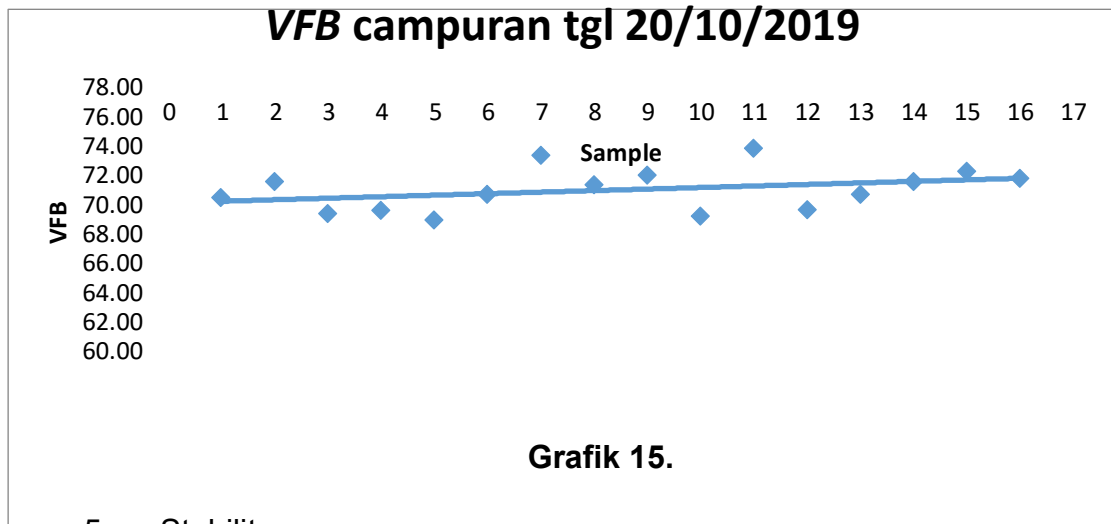
Grafik 14.

4. *VFB (Voids Filled with Bitumen)***Tabel 31.** *VFB* produksi tanggal 20 oktober 2019

No	Rongga Terisi Aspal (%)	SpesifikasiMin Rongga Terisi Aspal (%)
	1	73.18
2	74.20	65
3	72.18	65
4	72.39	65
5	71.78	65
6	73.39	65
7	75.87	65
8	74.00	65
9	74.61	65
10	72.01	65
11	76.31	65
12	72.41	65
13	73.39	65
14	74.19	65
15	74.84	65
16	74.40	65
Rata - rata	73.70	65

Berdasarkan pada Tabel 31 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VFB (Voids Filled With Bitumen)* atau rongga terisi aspal rata - rata sebesar 73,70 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VFB* campuran berada diatas batas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 65 %. Evaluasi *VFB* campuran

ini juga ditampilkan dalam grafik 15 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

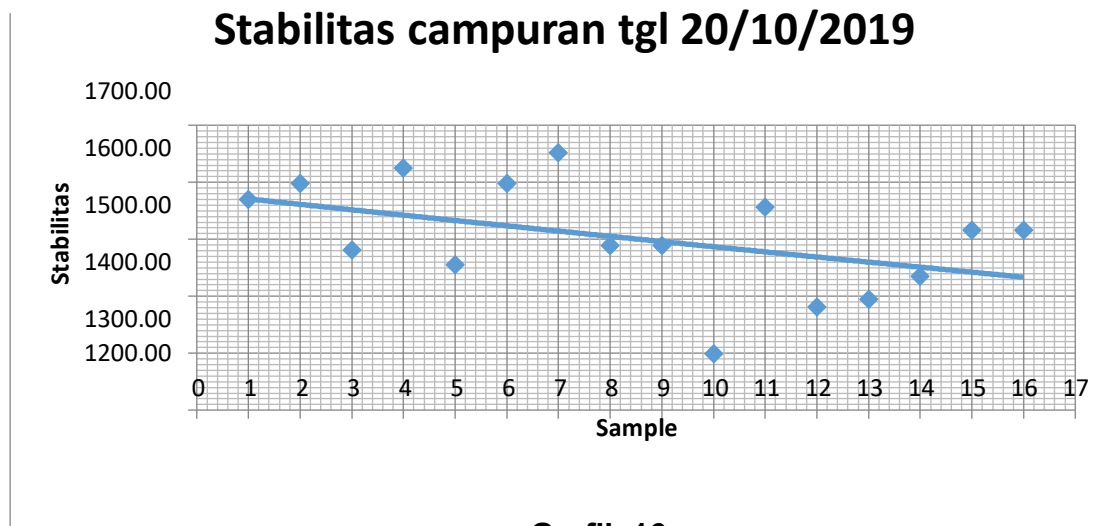


Tabel 32. Stabilitas produksi tanggal 20 oktober 2019

No	Stabilitas	SpesifikasiMin
	Campuran	Stabilitas
	(kg)	Campuran
	(kg)	(kg)
1	1570.44	800
2	1597.52	800
3	1481.63	800
4	1624.59	800
5	1455.64	800
6	1597.52	800
7	1651.67	800
8	1489.21	800
9	1489.21	800
10	1299.67	800
11	1556.90	800

12	1380.90	800
13	1394.44	800
14	1435.06	800
15	1516.29	800
16	1516.29	800
Rata - rata	1503.56	800

Berdasarkan pada Tabel 32 pemeriksaan ini menunjukkan nilai Stabilitas atau kemampuan sebuah aspal beton dalam menahan beban dengan nilai rata - rata sebesar 1546,27kg nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai Stabilitascampurannya berada diatas batas nilai minimumspesifikasi yaitu sebesar 800kg. Evaluasi Stabilitas campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 16 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

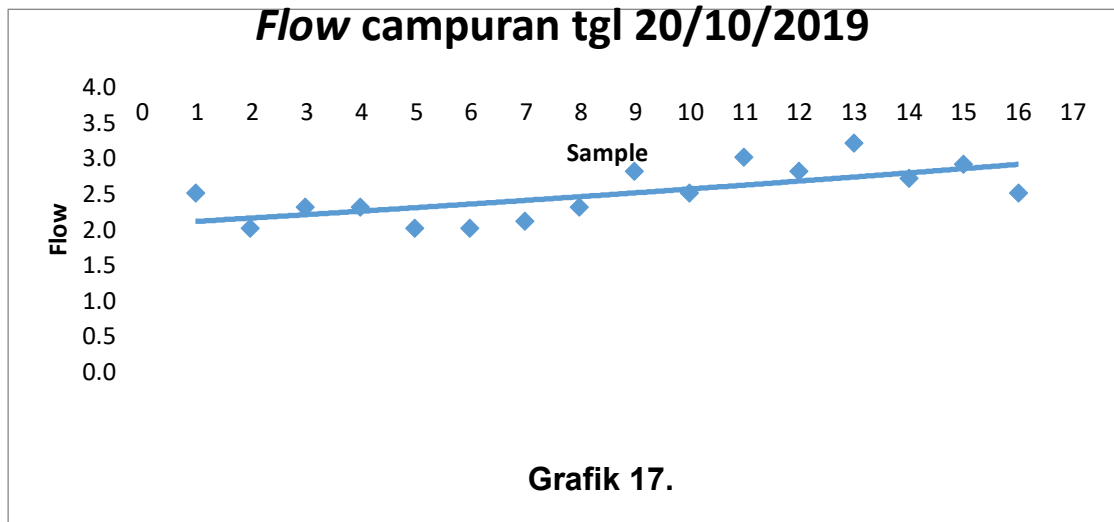


6. *Flow***Tabel 33.***Flow* produksi tanggal 20 oktober 2019

No	Flow Campuran	Spesifikasi Flow Campuran
	(mm)	(mm)
1	3.0	2 – 4
2	2.5	2 – 4
3	2.8	2 – 4
4	2.8	2 – 4
5	2.5	2 – 4
6	2.5	2 – 4
7	2.6	2 – 4
8	2.8	2 – 4
9	3.3	2 – 4
10	3.0	2 – 4
11	3.5	2 – 4
12	3.3	2 – 4
13	3.7	2 – 4
14	3.2	2 – 4
15	3.4	2 – 4
16	3.0	2 – 4
Rata - rata	3.0	2 – 4

Berdasarkan pada Tabel 33 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *Flow* atau penurunan yang dialami aspal beton saat menerima babandingan nilai rata - rata sebesar 3,0mm nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *Flow* aspal beton berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 2 - 4mm. Evaluasi *Flow* campuran ini juga

ditampilkan dalam grafik 17 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



c. Campuran AC-WC produksi tanggal 25 oktober 2019

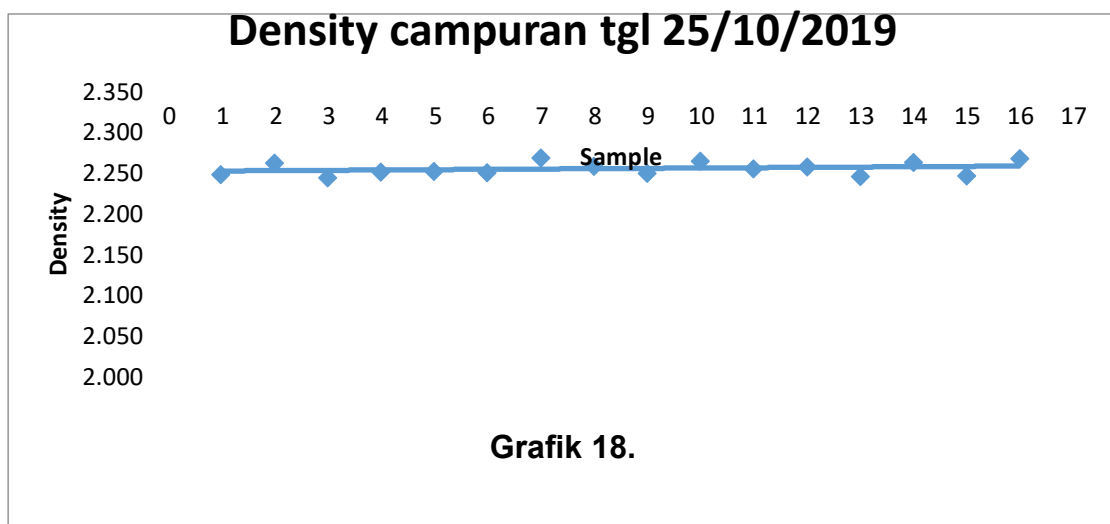
1. *Density*

Tabel 34. *Density* produksi tanggal 25 oktober 2019

No	Berat Isi Benda Uji	Berat Jenis Maksimum Benda Uji
	(gr/cc)	(gr/cc)
1	2.291	2.397
2	2.305	2.397
3	2.287	2.397
4	2.294	2.397
5	2.295	2.397
6	2.293	2.397
7	2.311	2.397
8	2.301	2.397
9	2.292	2.397

10	2.307	2.397
11	2.298	2.397
12	2.300	2.397
13	2.288	2.397
14	2.306	2.397
15	2.289	2.397
16	2.310	2.397
Rata - rata	2.298	2.397

Berdasarkan pada Tabel 34 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *density* rata - rata sebesar 2,298gr/cc nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *density* belum mencapai nilai berat jenis maksimum yaitu sebesar 2,397 gr/cc. Evaluasi *density* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 18 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

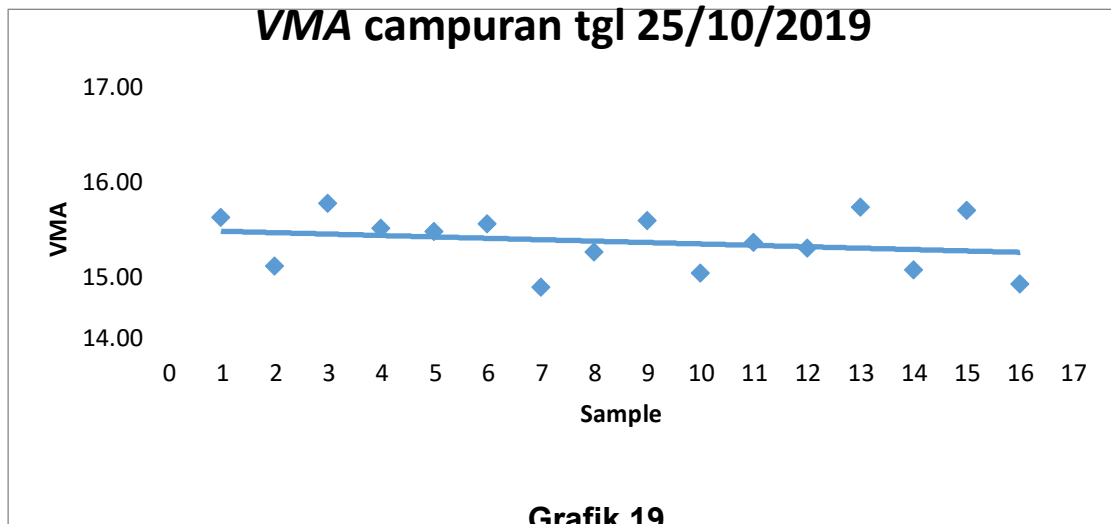


2. *VMA (Voids in Mineral Agreggate)***Tabel 35.** *VMA* produksi tanggal 25 oktober 2019

No	Rongga Diantara Agregat	Spesifikasi Min Rongga Diantara Agregat
	(%)	(%)
1	15.99	15
2	15.48	15
3	16.14	15
4	15.88	15
5	15.84	15
6	15.92	15
7	15.25	15
8	15.63	15
9	15.96	15
10	15.41	15
11	15.73	15
12	15.66	15
13	16.10	15
14	15.44	15
15	16.06	15
16	15.29	15
Rata - rata	15.74	15

Berdasarkan pada Tabel 35 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VMA (Voids in Meneral Agreggate)* atau rongga diantara agregatrata - rata sebesar 15,74% nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VMA* campuran berada diatas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 15 %.Evaluasi

VMA campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 19 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



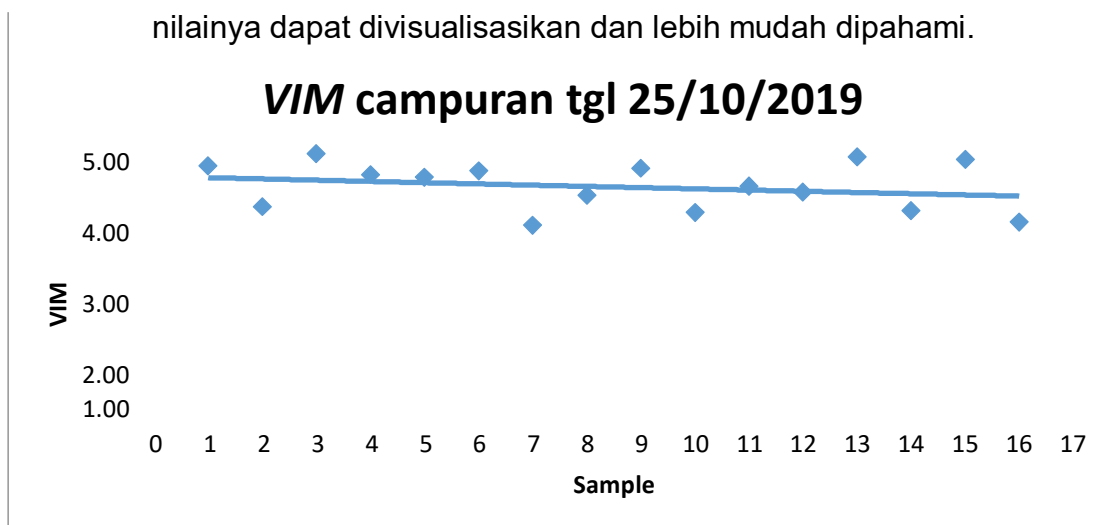
3. VIM (Voids in Mix)

Tabel 36. VMI produksi tanggal 25 oktober 2019

No	Rongga Terhadap Campuran	Spesifikasi Rongga Terhadap Campuran
	(%)	(%)
1	4.42	3 – 5
2	3.84	3 – 5
3	4.59	3 – 5
4	4.29	3 – 5
5	4.25	3 – 5
6	4.34	3 – 5
7	3.58	3 – 5
8	4.01	3 – 5
9	4.38	3 – 5
10	3.76	3 – 5
11	4.13	3 – 5

12	4.05	3 – 5
13	4.55	3 – 5
14	3.79	3 – 5
15	4.50	3 – 5
16	3.63	3 – 5
Rata – rata	4.13	3 – 5

Berdasarkan pada Tabel 36 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VIM* (*Voids in Mix*) atau rongga terhadap campuran rata - rata sebesar 4,13 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VIM* campuran berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 3- 5 %. Evaluasi *VIM* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 20 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



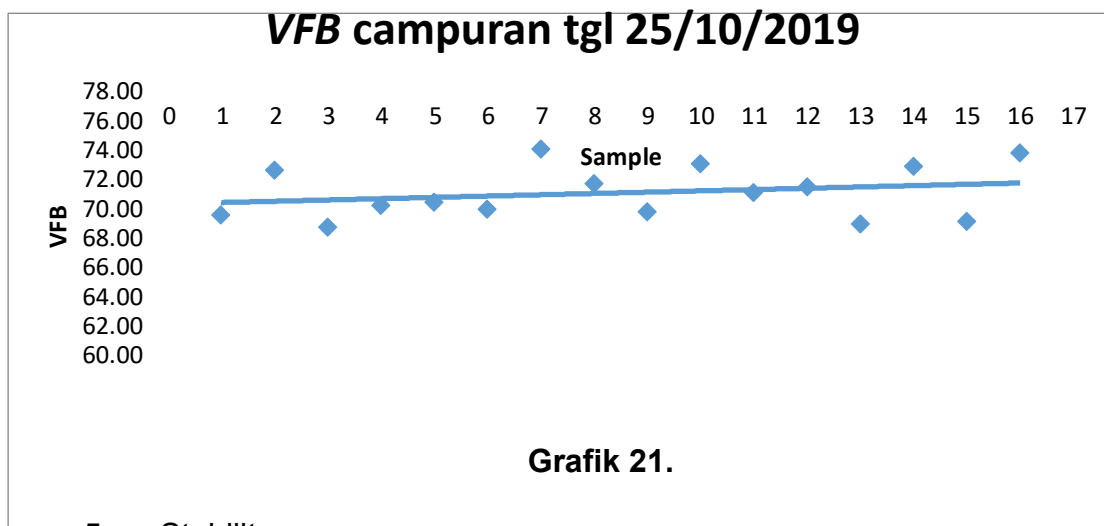
Grafik 20.

4. *VFB (Voids Filled with Bitumen)***Tabel 37.** *VFB* produksi tanggal 25 oktober 2019

No	Rongga Terisi Aspal (%)	SpesifikasiMin Rongga Terisi Aspal (%)
	1	72.35
2	75.18	65
3	71.56	65
4	72.96	65
5	73.15	65
6	72.72	65
7	76.50	65
8	74.35	65
9	72.54	65
10	75.61	65
11	73.77	65
12	74.14	65
13	71.77	65
14	75.43	65
15	71.96	65
16	76.28	65
Rata - rata	73.77	65

Berdasarkan pada Tabel 37 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VFB (Voids Filled With Bitumen)* atau rongga terisi aspal rata - rata sebesar 73,77 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VFB* campuran berada diatas batas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 65 %. Evaluasi *VFB* campuran

ini juga ditampilkan dalam grafik 21 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

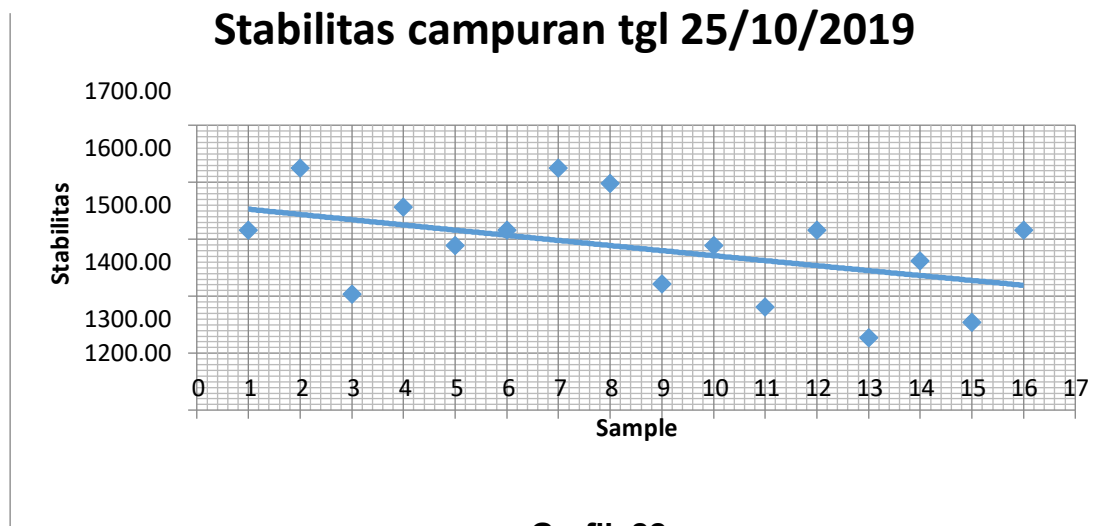


Tabel 38. Stabilitas produksi tanggal 25 oktober 2019

No	Stabilitas	SpesifikasiMin
	Campuran	Stabilitas
	(kg)	Campuran
1	1516.29	800
2	1624.59	800
3	1403.65	800
4	1556.90	800
5	1489.21	800
6	1516.29	800
7	1624.59	800
8	1597.52	800
9	1421.52	800
10	1489.21	800
11	1380.90	800

12	1516.29	800
13	1326.75	800
14	1462.13	800
15	1353.83	800
16	1516.29	800
Rata - rata	1487.25	800

Berdasarkan pada Tabel 38 pemeriksaan ini menunjukkan nilai Stabilitas atau kemampuan sebuah aspal beton dalam menahan beban dengan nilai rata - rata sebesar 1487,25kg nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai Stabilitascampurannya berada diatas batas nilai minimumspesifikasi yaitu sebesar 800kg. Evaluasi Stabilitas campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 22 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

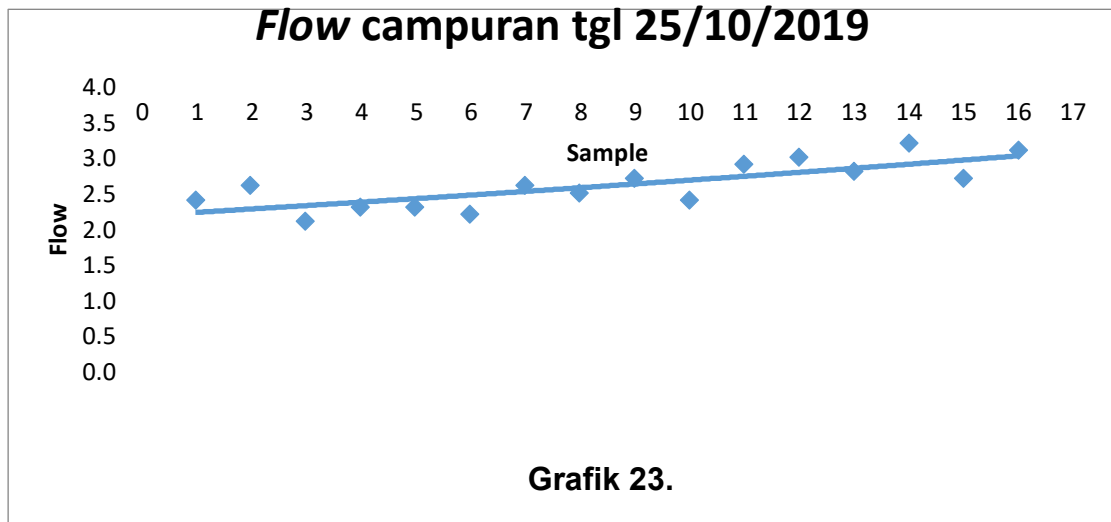


6. *Flow***Tabel 39.** *Flow* produksi tanggal 25 oktober 2019

No	Flow Campuran	Spesifikasi Flow Campuran
	(mm)	(mm)
1	2.9	2 – 4
2	3.1	2 – 4
3	2.6	2 – 4
4	2.8	2 – 4
5	2.8	2 – 4
6	2.7	2 – 4
7	3.1	2 – 4
8	3.0	2 – 4
9	3.2	2 – 4
10	2.9	2 – 4
11	3.4	2 – 4
12	3.5	2 – 4
13	3.3	2 – 4
14	3.7	2 – 4
15	3.2	2 – 4
16	3.6	2 – 4
Rata - rata	3.1	2 – 4

Berdasarkan pada Tabel 39 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *Flow* atau penurunan yang dialami aspal beton saat menerima babandingan nilai rata - rata sebesar 3,1mm nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *Flow* aspal beton berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 2 - 4mm. Evaluasi *Flow* campuran ini juga

ditampilkan dalam grafik 23 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



d. Campuran AC-WC produksi tanggal 2 november 2019

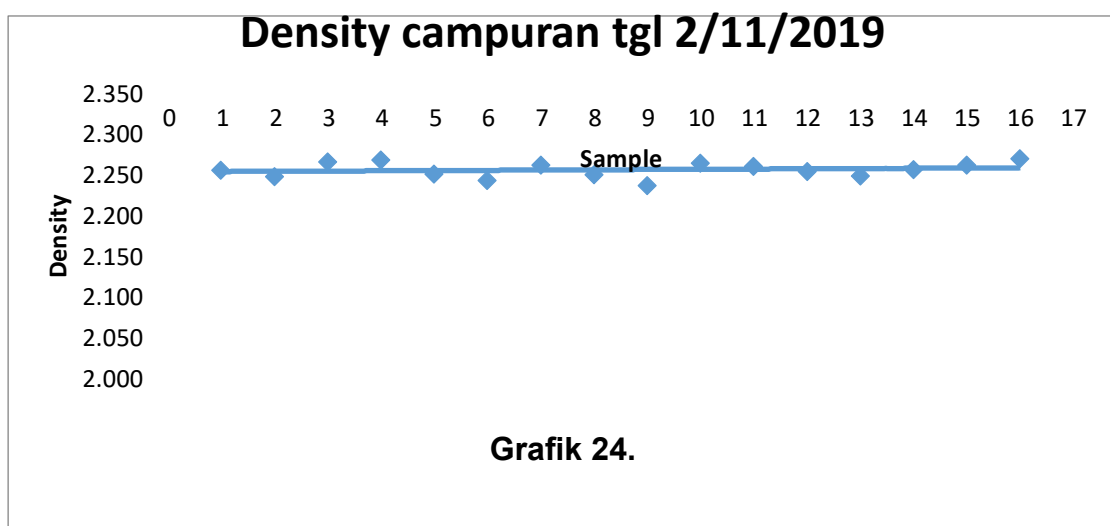
1. *Density*

Tabel 40. *Density* produksi tanggal 2 november 2019

No	Berat Isi Benda Uji	Berat Jenis Maksimum Benda Uji
	(gr/cc)	(gr/cc)
1	2.299	2.397
2	2.291	2.397
3	2.309	2.397
4	2.311	2.397
5	2.294	2.397
6	2.286	2.397
7	2.305	2.397
8	2.293	2.397
9	2.280	2.397

10	2.307	2.397
11	2.303	2.397
12	2.297	2.397
13	2.292	2.397
14	2.299	2.397
15	2.305	2.397
16	2.313	2.397
Rata - rata	2.299	2.397

Berdasarkan pada Tabel 40 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *density* rata - rata sebesar 2,299gr/cc nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *density* belum mencapai nilai berat jenis maksimum yaitu sebesar 2,397 gr/cc. Evaluasi *density* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 24 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

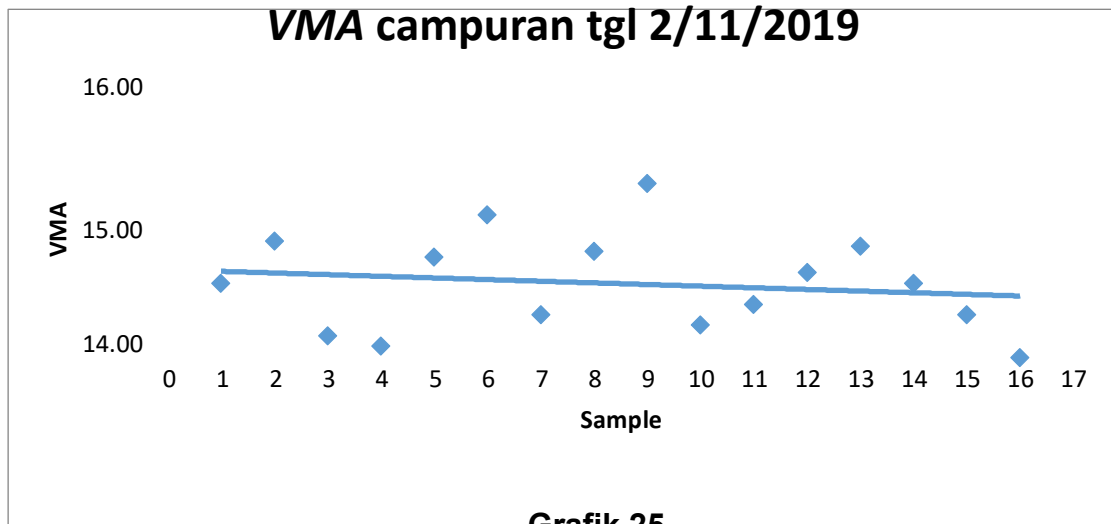


2. *VMA (Voids in Mineral Agreggate)***Tabel 41.** *VMA* produksi tanggal 2 november 2019

No	Rongga Diantara Agregat	Spesifikasi Min Rongga Diantara Agregat
	(%)	(%)
1	14.87	15
2	15.16	15
3	14.50	15
4	14.42	15
5	15.05	15
6	15.35	15
7	14.65	15
8	15.09	15
9	15.57	15
10	14.57	15
11	14.72	15
12	14.94	15
13	15.13	15
14	14.86	15
15	14.64	15
16	14.35	15
Rata - rata	14.87	15

Berdasarkan pada Tabel 41 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VMA (Voids in Meneral Agreggate)* atau rongga diantara agregatrata - rata sebesar 14,87% nilai tersebut termasuk kategori campuran gagal hal itu dikarenakan nilai *VMA* campuran berada dibawah nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 15 %.Evaluasi

VMA campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 25 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



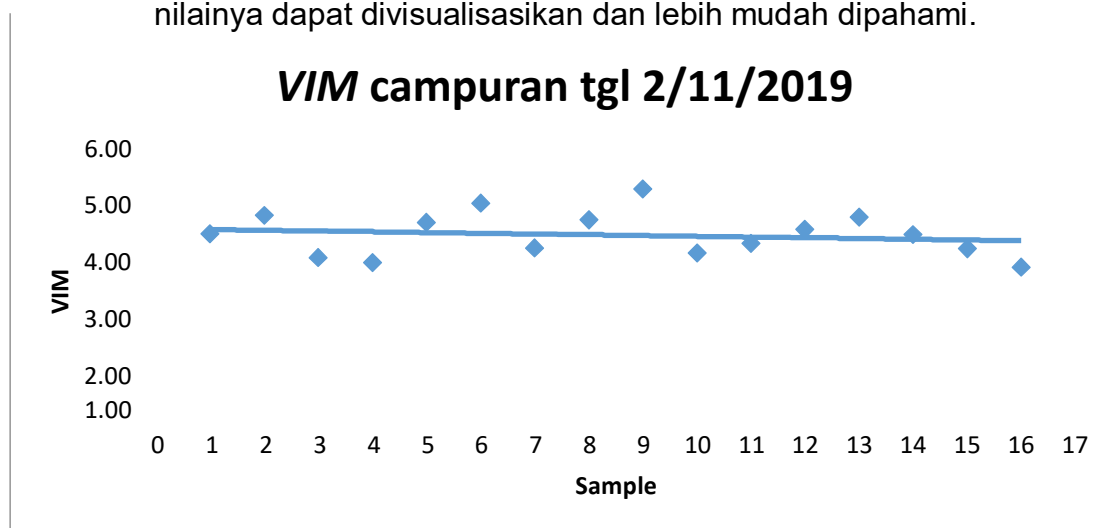
3. VIM (Voids in Mix)

Tabel 42. VMI produksi tanggal 2 november 2019

No	Rongga Terhadap Campuran	Spesifikasi Rongga Terhadap Campuran
	(%)	(%)
1	4.09	3 – 5
2	4.42	3 – 5
3	3.67	3 – 5
4	3.59	3 – 5
5	4.30	3 – 5
6	4.63	3 – 5
7	3.84	3 – 5
8	4.34	3 – 5
9	4.88	3 – 5
10	3.76	3 – 5
11	3.92	3 – 5

12	4.17	3 – 5
13	4.38	3 – 5
14	4.09	3 – 5
15	3.84	3 – 5
16	3.50	3 – 5
Rata – rata	4.09	3 – 5

Berdasarkan pada Tabel 42 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VIM* (*Voids in Mix*) atau rongga terhadap campuran rata - rata sebesar 4,09 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VIM* campuran berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 3- 5 %. Evaluasi *VIM* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 26 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



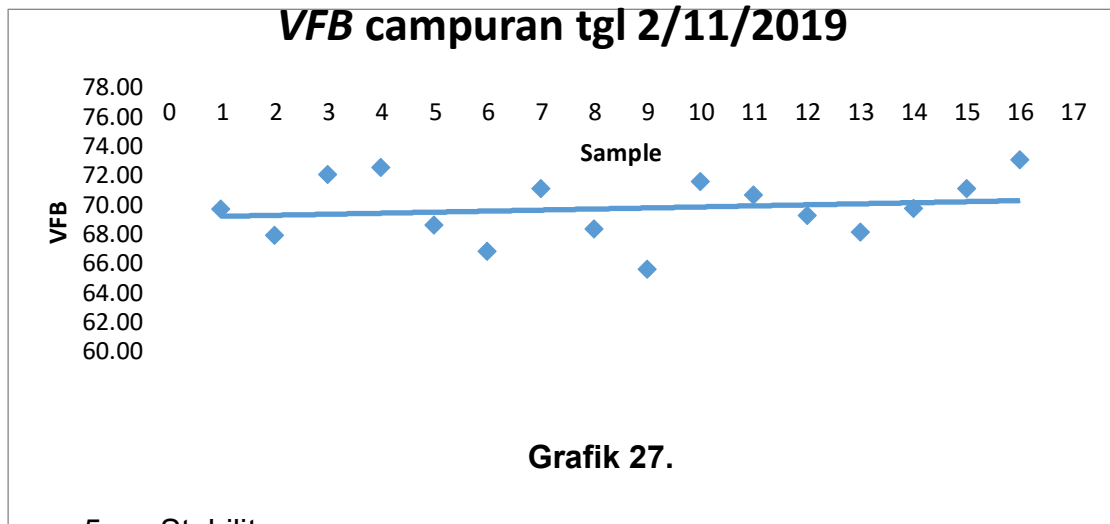
Grafik 26.

4. *VFB (Voids Filled with Bitumen)***Tabel 43.** *VFB* produksi tanggal 2 november 2019

No	Rongga Terisi Aspal (%)	SpesifikasiMin Rongga Terisi Aspal (%)
	1	72.49
2	70.83	65
3	74.65	65
4	75.09	65
5	71.46	65
6	69.82	65
7	73.77	65
8	71.22	65
9	68.66	65
10	74.21	65
11	73.35	65
12	72.06	65
13	71.02	65
14	72.50	65
15	73.78	65
16	75.58	65
Rata - rata	72.53	65

Berdasarkan pada Tabel 43 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VFB (Voids Filled With Bitumen)* atau rongga terisi aspal rata - rata sebesar 72,53 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VFB* campuran berada diatas batas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 65 %. Evaluasi *VFB* campuran

ini juga ditampilkan dalam grafik 27 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

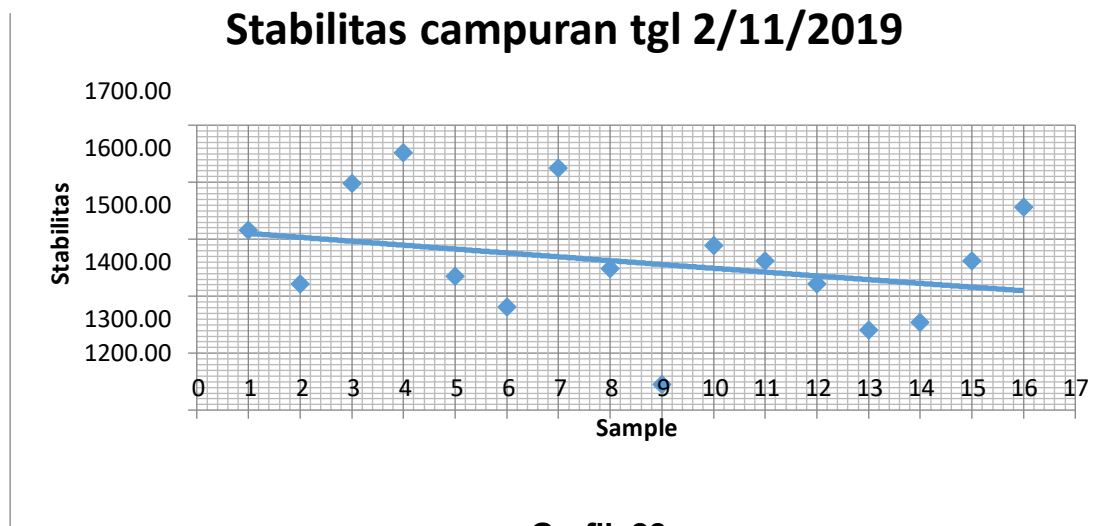


Tabel 44. Stabilitas produksi tanggal 2 november 2019

No	Stabilitas	SpesifikasiMin
	Campuran	Stabilitas
	(kg)	Campuran
1	1516.29	800
2	1421.52	800
3	1597.52	800
4	1651.67	800
5	1435.06	800
6	1380.90	800
7	1624.59	800
8	1448.60	800
9	1245.52	800
10	1489.21	800
11	1462.13	800

12	1421.52	800
13	1340.29	800
14	1353.83	800
15	1462.13	800
16	1556.90	800
Rata - rata	1462.98	800

Berdasarkan pada Tabel 44 pemeriksaan ini menunjukkan nilai Stabilitas atau kemampuan sebuah aspal beton dalam menahan beban dengan nilai rata - rata sebesar 1462,98kg nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai Stabilitascampurannya berada diatas batas nilai minimumspesifikasi yaitu sebesar 800kg. Evaluasi Stabilitas campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 28 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

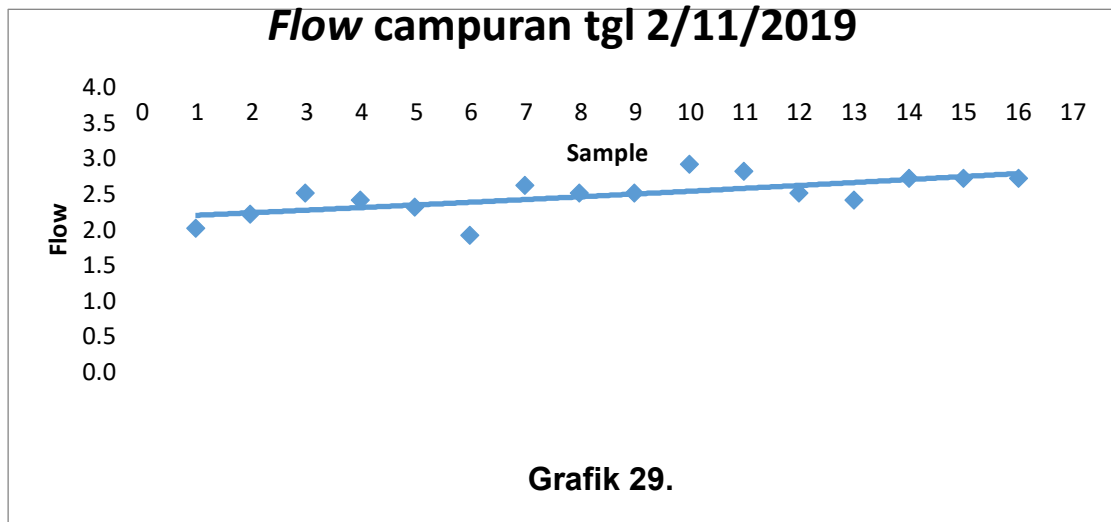


6. *Flow***Tabel 45.** *Flow* produksi tanggal 2 november 2019

No	Flow Campuran	Spesifikasi Flow Campuran
	(mm)	(mm)
1	2.5	2 – 4
2	2.7	2 – 4
3	3.0	2 – 4
4	2.9	2 – 4
5	2.8	2 – 4
6	2.4	2 – 4
7	3.1	2 – 4
8	3.0	2 – 4
9	3.0	2 – 4
10	3.4	2 – 4
11	3.3	2 – 4
12	3.0	2 – 4
13	2.9	2 – 4
14	3.2	2 – 4
15	3.2	2 – 4
16	3.2	2 – 4
Rata - rata	3.0	2 – 4

Berdasarkan pada Tabel 45 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *Flow* atau penurunan yang dialami aspal beton saat menerima babandingan nilai rata - rata sebesar 3,0mm nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *Flow* aspal beton berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 2 - 4mm. Evaluasi *Flow* campuran ini juga

ditampilkan dalam grafik 29 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



e. Campuran AC-WC produksi tanggal 5 november 2019

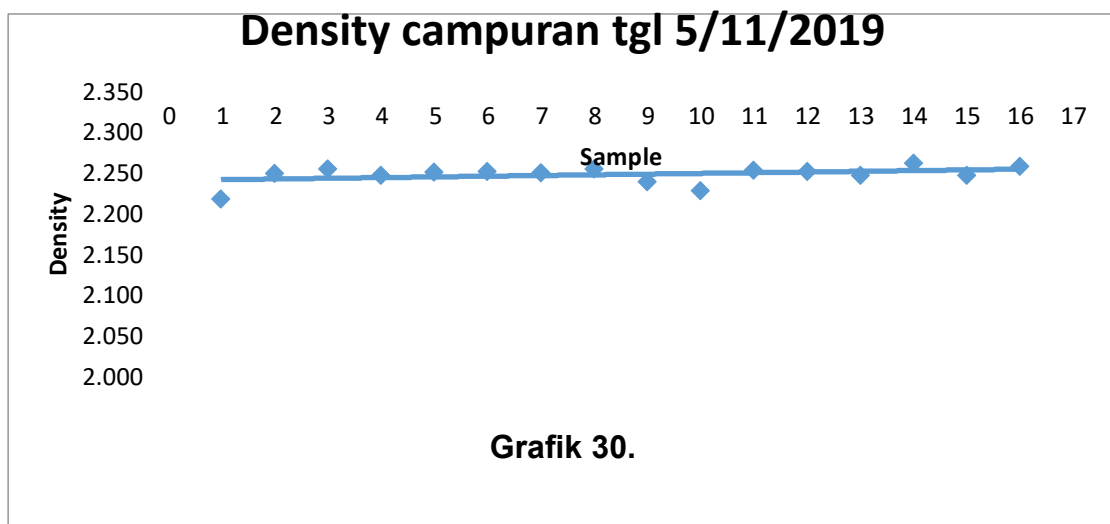
1. *Density*

Tabel 46. *Density* produksi tanggal 5 november 2019

No	Berat Isi Benda Uji	Berat Jenis Maksimum Benda Uji
	(gr/cc)	(gr/cc)
1	2.261	2.397
2	2.292	2.397
3	2.298	2.397
4	2.290	2.397
5	2.294	2.397
6	2.295	2.397
7	2.293	2.397
8	2.298	2.397
9	2.282	2.397

10	2.271	2.397
11	2.296	2.397
12	2.295	2.397
13	2.290	2.397
14	2.305	2.397
15	2.290	2.397
16	2.301	2.397
Rata - rata	2.291	2.397

Berdasarkan pada Tabel 46 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *density* rata - rata sebesar 2,291gr/cc nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *density* belum mencapai nilai berat jenis maksimum yaitu sebesar 2,397 gr/cc. Evaluasi *density* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 30 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

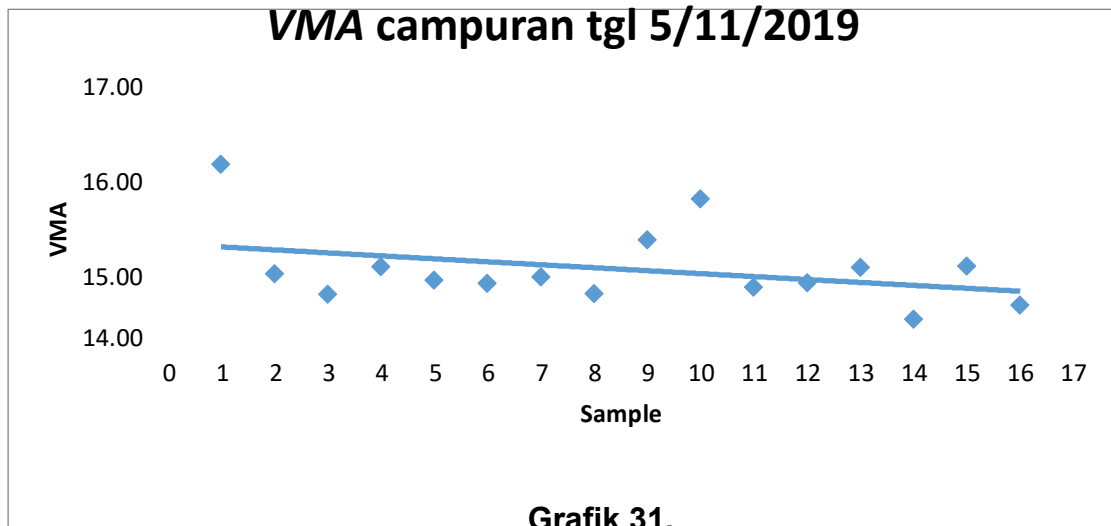


2. *VMA (Voids in Mineral Agreggate)***Tabel 47.** *VMA* produksi tanggal 5 november 2019

No	Rongga Diantara Agregat	Spesifikasi Min Rongga Diantara Agregat
	(%)	(%)
1	16.55	15
2	15.40	15
3	15.18	15
4	15.47	15
5	15.33	15
6	15.29	15
7	15.36	15
8	15.19	15
9	15.76	15
10	16.18	15
11	15.25	15
12	15.30	15
13	15.47	15
14	14.92	15
15	15.48	15
16	15.07	15
Rata - rata	15.45	15

Berdasarkan pada Tabel 47 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VMA (Voids in Meneral Agreggate)* atau rongga diantara agregatrata - rata sebesar 15,45% nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VMA* campuran berada diatas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 15 %.Evaluasi

VMA campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 31 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



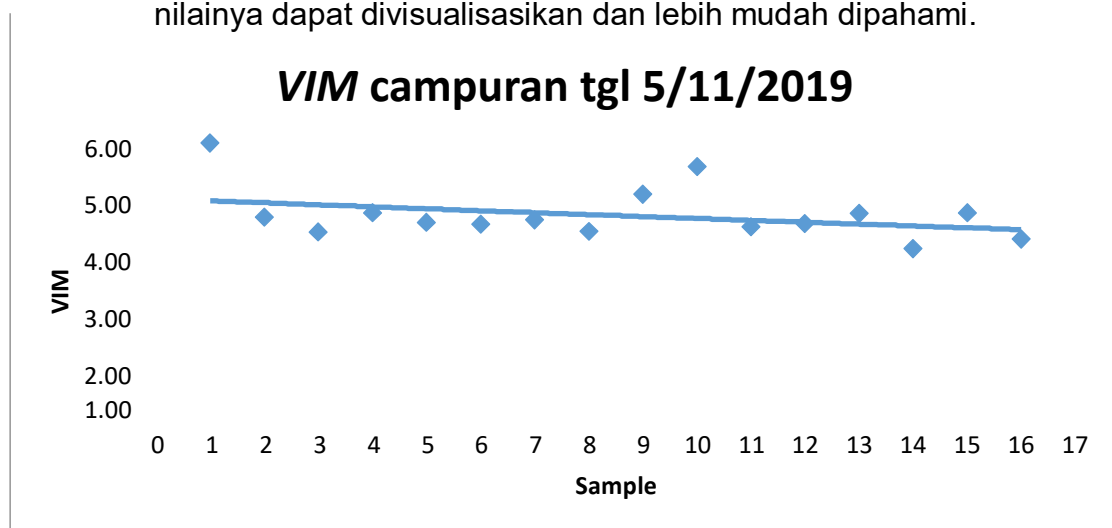
3. VIM (Voids in Mix)

Tabel 48. VMI produksi tanggal 5 november 2019

No	Rongga Terhadap Campuran	Spesifikasi Rongga Terhadap Campuran
	(%)	(%)
1	5.68	3 – 5
2	4.38	3 – 5
3	4.13	3 – 5
4	4.46	3 – 5
5	4.30	3 – 5
6	4.26	3 – 5
7	4.34	3 – 5
8	4.14	3 – 5
9	4.78	3 – 5
10	5.27	3 – 5
11	4.22	3 – 5

12	4.27	3 – 5
13	4.46	3 – 5
14	3.84	3 – 5
15	4.47	3 – 5
16	4.01	3 – 5
Rata – rata	4.44	3 – 5

Berdasarkan pada Tabel 48 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VIM* (*Voids in Mix*) atau rongga terhadap campuran rata - rata sebesar 4,44 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VIM* campuran berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 3- 5 %. Evaluasi *VIM* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 32 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



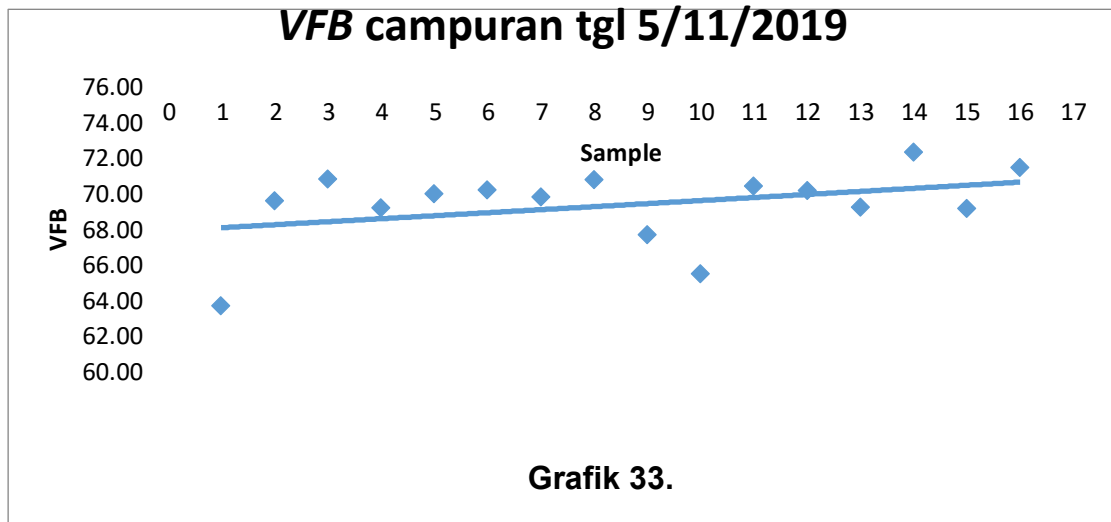
Grafik 32.

4. *VFB (Voids Filled with Bitumen)***Tabel 49.** *VFB* produksi tanggal 5 november 2019

No	Rongga Terisi Aspal (%)	SpesifikasiMin Rongga Terisi Aspal (%)
	1	65.67
2	71.55	65
3	72.79	65
4	71.16	65
5	71.95	65
6	72.15	65
7	71.77	65
8	72.74	65
9	69.64	65
10	67.46	65
11	72.36	65
12	72.11	65
13	71.19	65
14	74.29	65
15	71.14	65
16	73.42	65
Rata - rata	71.34	65

Berdasarkan pada Tabel 49 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *VFB (Voids Filled With Bitumen)* atau rongga terisi aspal rata - rata sebesar 71,34 % nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *VFB* campuran berada diatas batas nilai minimum spesifikasi yaitu sebesar 65 %. Evaluasi *VFB* campuran

ini juga ditampilkan dalam grafik 33 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



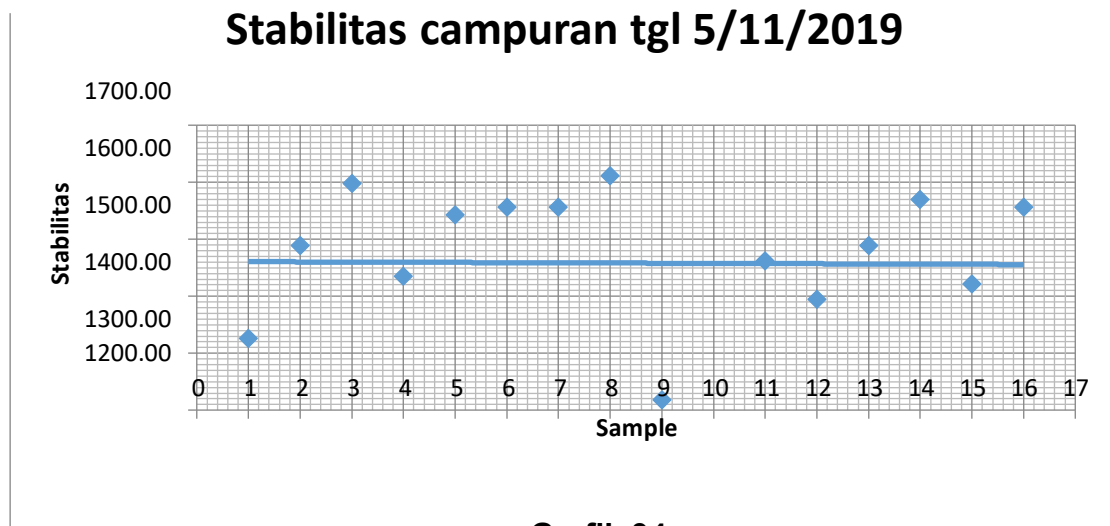
5. Stabilitas

Tabel 50. Stabilitas produksi tanggal 5 november 2019

No	Stabilitas	SpesifikasiMin
	Campuran (kg)	Stabilitas Campuran (kg)
1	1325.67	800
2	1489.21	800
3	1597.52	800
4	1435.06	800
5	1543.36	800
6	1556.90	800
7	1556.90	800
8	1611.06	800
9	1218.45	800
10	1191.37	800
11	1462.13	800

12	1394.44	800
13	1489.21	800
14	1570.44	800
15	1421.52	800
16	1556.90	800
Rata - rata	1463.76	800

Berdasarkan pada Tabel 50 pemeriksaan ini menunjukkan nilai Stabilitas atau kemampuan sebuah aspal beton dalam menahan beban dengan nilai rata - rata sebesar 1463,76kg nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai Stabilitascampurannya berada diatas batas nilai minimumspesifikasi yaitu sebesar 800kg. Evaluasi Stabilitas campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 34 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.

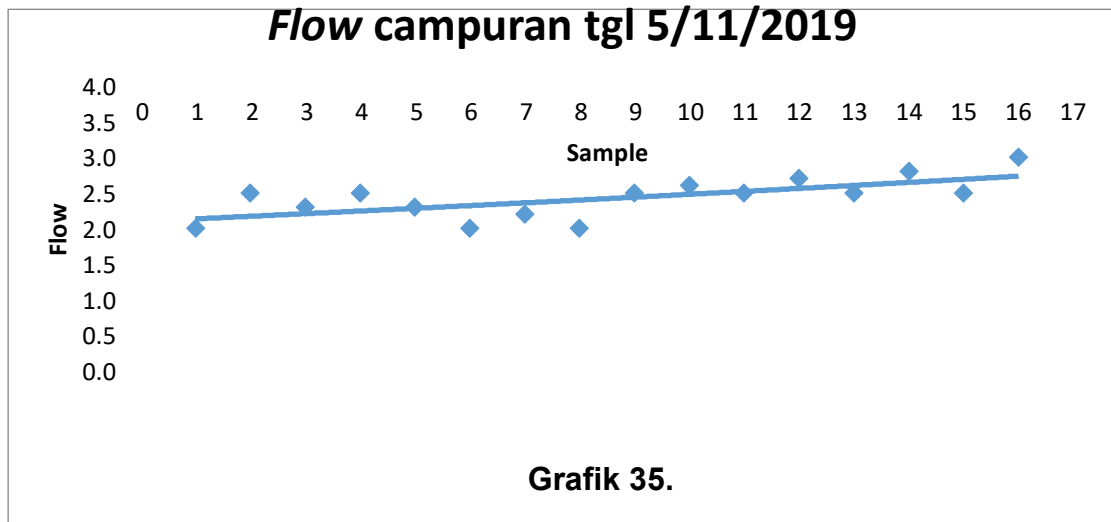


6. *Flow***Tabel 51.** *Flow* produksi tanggal 5 november 2019

No	Flow Campuran	Spesifikasi Flow Campuran
	(mm)	(mm)
1	2.5	2 – 4
2	3.0	2 – 4
3	2.8	2 – 4
4	3.0	2 – 4
5	2.8	2 – 4
6	2.5	2 – 4
7	2.7	2 – 4
8	2.5	2 – 4
9	3.0	2 – 4
10	3.1	2 – 4
11	3.0	2 – 4
12	3.2	2 – 4
13	3.0	2 – 4
14	3.3	2 – 4
15	3.0	2 – 4
16	3.5	2 – 4
Rata - rata	2.9	2 – 4

Berdasarkan pada Tabel 51 pemeriksaan ini menunjukkan nilai *Flow* atau penurunan yang dialami aspal beton saat menerima babandingan nilai rata - rata sebesar 2,9mm nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai *Flow* aspal beton berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 2 - 4mm. Evaluasi *Flow* campuran ini juga

ditampilkan dalam grafik 35 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



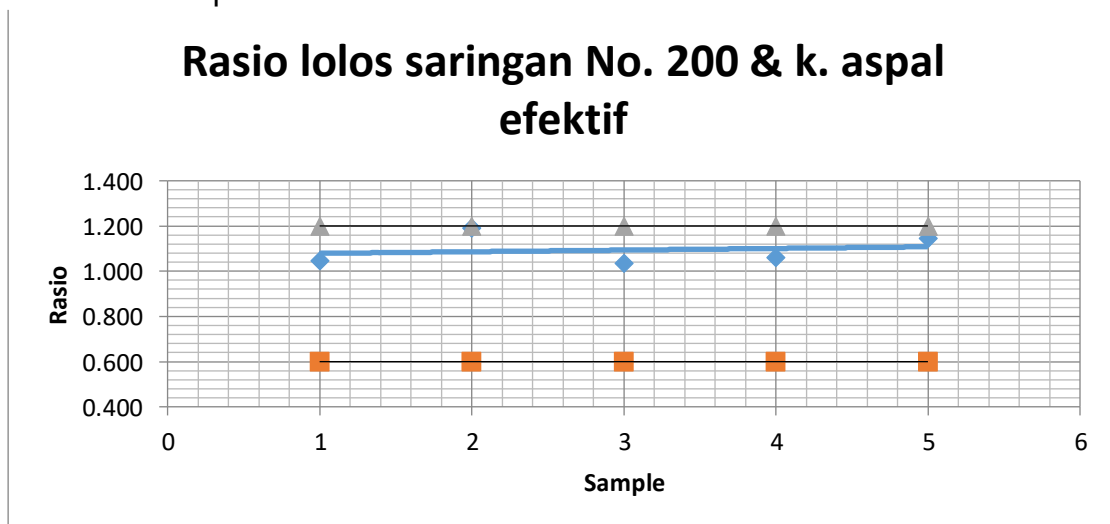
f. Rasio lolos saringan No. 200 dengan kadar aspal efektif

Tabel 52.Rasio lolos saringan No. 200& k. aspal efektif

No	Rasio lolos saringan No. 200 & K. Aspal efektif	Spesifikasi
	(%)	(%)
Prd. Tgl 18/10/2019	1.047	0,6 – 1,2
Prd. Tgl 20/10/2019	1.189	0,6 – 1,2
Prd. Tgl 25/10/2019	1.033	0,6 – 1,2
Prd. Tgl 02/11/2019	1.059	0,6 – 1,2
Prd. Tgl 05/11/2019	1.146	0,6 – 1,2

Berdasarkan pada Tabel 52 pemeriksaan ini menunjukkan nilai rasio lolos saringan No. 200 dan kadar aspal efektif masing-masing sebesar 1,047% (produksi tanggal 18/10/2019), 1,189% (produksi tanggal 20/10/2019), 1,033% (produksi tanggal 25/10/2019), 1,059%

(produksi tanggal 02/11/2019), dan 1,146% (produksi tanggal 05/11/2019) nilai-nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai-nilai tersebut berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 0,6 – 1,2%. Evaluasi rasio lolos saringan No. 200 dan kadar aspal efektif campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 36 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



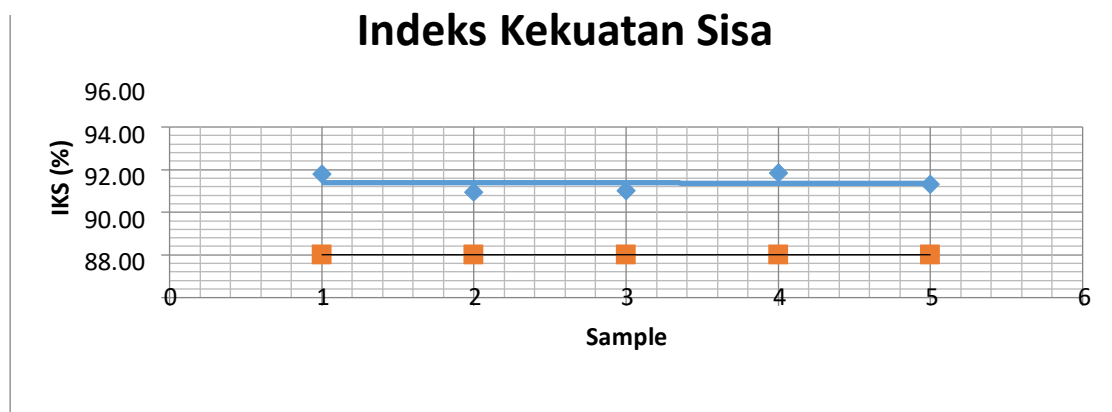
Grafik 36.

g. Indeks Kekuatan Sisa

Tabel 53.Indeks kekuatan sisa

No	Indeks Kekuatan Sisa	Spesifikasi Minimal
	(%)	(%)
Prd. Tgl 18/10/2019	93.79	90
Prd. Tgl 20/10/2019	92.95	90
Prd. Tgl 25/10/2019	93.01	90
Prd. Tgl 02/11/2019	93.83	90
Prd. Tgl 05/11/2019	93.30	90

Berdasarkan pada Tabel 53 pemeriksaan ini menunjukkan nilai indeks kekuatan sisa masing-masing sebesar 93,79% (produksi tanggal 18/10/2019), 92,95% (produksi tanggal 20/10/2019), 93,01% (produksi tanggal 25/10/2019), 93,83% (produksi tanggal 02/11/2019), dan 93,30% (produksi tanggal 05/11/2019) nilai-nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai-nilai tersebut berada diatas batas nilai minimumspesifikasi yaitu sebesar 90%. Evaluasi indeks kekuatan sisa campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 37 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



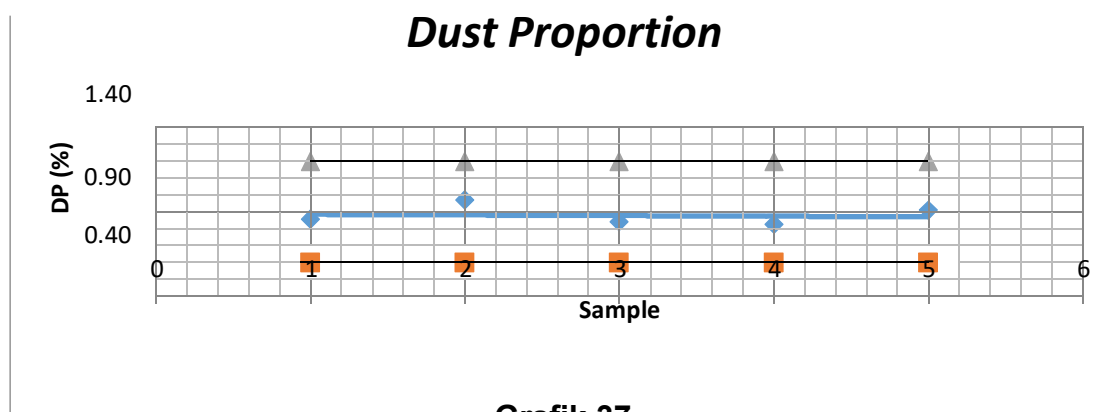
Grafik 37.

h. *Dust Proportion*

Tabel 54.*Dust proportion*

No	Dust proportion (%)	Spesifikasi (%)
Prd. Tgl 18/10/2019	0.86	0.6 – 1.2
Prd. Tgl 20/10/2019	0.97	0.6 – 1.2
Prd. Tgl 25/10/2019	0.84	0.6 – 1.2
Prd. Tgl 02/11/2019	0.83	0.6 – 1.2
Prd. Tgl 05/11/2019	0.91	0.6 – 1.2

Berdasarkan pada Tabel 54 pemeriksaan ini menunjukkan nilai indeks kekuatan sisa masing-masing sebesar 0,86% (produksi tanggal 18/10/2019), 0,97% (produksi tanggal 20/10/2019), 0,84% (produksi tanggal 25/10/2019), 0,83% (produksi tanggal 02/11/2019), dan 0,91% (produksi tanggal 05/11/2019) nilai-nilai tersebut masih termasuk kategori aman hal itu dikarenakan nilai-nilai tersebut berada ditengah batas nilai minimum dan maksimum spesifikasi yaitu sebesar 0.6 – 1.2%. Evaluasi indeks *dust proportion* campuran ini juga ditampilkan dalam grafik 38 agar nilai-nilainya dapat divisualisasikan dan lebih mudah dipahami.



Grafik 37.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis dan evaluasi karakteristik *Marshall Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

- a. Nilai *density* campuran *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 2,303 gr/ml untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 2,297 gr/ml untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 2,298 gr/ml untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 2,299 gr/ml untuk produksi tanggal 02 november 2019, 2,291 gr/ml untuk produksi tanggal 05 november 2019.
- b. Nilai *VMA (Voids in Mineral Aggregate)* atau rongga antar butiran agregat campuran *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 15,89 % untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 15,78 % untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 15,74 % untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 14,87 % untuk produksi tanggal 02 november 2019, 15,45 % untuk produksi tanggal 05 november 2019, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa hanya campuran produksi tanggal 02 november 2019 termasuk campuran yang gagal karena tidak memenuhi spesifikasi minimum.

- c. Nilai *VIM (Voids in Mix)* atau rongga dalam campuran *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 4,20 % untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 4,15 % untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 4,13 % untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 4,09 % untuk produksi tanggal 02 november 2019, 4,44 % untuk produksi tanggal 05 november 2019, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa campuran-campuran tersebut termasuk campuran yang aman.
- d. Nilai *VFB (Voids Filled with Bitumen)* atau rongga terisi aspal campuran *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 73,61 % untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 73,70 % untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 73,77 % untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 72,53 % untuk produksi tanggal 02 november 2019, 71,34 % untuk produksi tanggal 05 november 2019, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa campuran-campuran tersebut termasuk campuran yang aman.
- e. Nilai stabilitas *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 1546,27 kg untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 1503,56 kg untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 1487,25 kg untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 1462,98 kg untuk produksi tanggal 02 november 2019, 1463,76 kg untuk produksi tanggal 05

november 2019, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa campuran-campuran tersebut termasuk campuran yang aman.

- f. Nilai *flowHot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 2,9 ml untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 3,0 ml untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 3,1 ml untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 3,0 ml untuk produksi tanggal 02 november 2019, 2,9 ml untuk produksi tanggal 05 november 2019, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa campuran-campuran tersebut termasuk campuran yang aman.
- g. Nilai rasio lolos saringan No. 200 dan kadar aspal efektif *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* pada proyek jalan poros Pinrang-Parepare untuk masing-masing produksi ialah sebesar 1,047 % untuk produksi tanggal 18 oktober 2019, 1,189 % untuk produksi tanggal 20 oktober 2019, 1,033 % untuk produksi tanggal 25 oktober 2019, 1,059 % untuk produksi tanggal 02 november 2019, 1,146 % untuk produksi tanggal 05 november 2019, berdasarkan nilai-nilai tersebut maka dapat dinyatakan bahwa campuran-campuran tersebut termasuk campuran yang aman.

Berdasarkan poin-poin di atas maka diambil kesimpulan bahwa *Hot Mix AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course)* produksi tanggal 02 november 2019 merupakan campuran yang gagal, maka daripada itu perlu dilaksanakan reconstruksi untuk mengganti campuran tersebut demi tercapainya tepat mutu

B. Saran

Setelah dilakukan penelitian dilaboratorium, maka terdapat saran untuk penelitian selanjutnya, ialah sebagai berikut :

Mengingat pada penelitian ini sangat terkendala pada tenaga dalam proses pemadatan laboratorium yang menggunakan alat penumbuk manual maka sangat disarankan untuk penelitian mengenai uji *Marshall* selanjutnya sebaiknya menggunakan alat penumbuk otomatis demi mengefesiensikan jalannya pengujian.

Pada proses perendaman sampel juga diperlukan ukuran *waterbath* yang mampu menampung banyaknya sampel yang akan diuji, maka daripada itu disarankan menggunakan *waterbath* dengan ukuran yang besar atau dengan kuantitas yang lebih, itu demi menekan waktu pengujian secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO T 209, (1990), *Standard Method of test for Maximum Specific Gravity of Bituminous Paving Mixture*, Washington DC.
- AASHTO T 245, (1997), *Standard Method of test for Resistance to Plastic Flow of Bituminous Mixture using Marshall apparatus*, Washington DC.
- AASHTO, (1998), *Standard spesification for transportation Material and Methodes of sampling and testing, 13th Edition*, Washington DC.
- BS 598 : Part. 104, (1989), *Methods of test for the Determination of Density and Compaction*, London.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1987), *Petunjuk Perencanaan Tebal Perkerasan Jalan Raya dengan Metode Analisa Komponen*, SKBI-2.326, UDC.625.73, Biro Penerbit PUJakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, (1991), *Metode Pengujian Campuran Aspal dengan Alat Marshall SNI 06-2484-1991*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, (2010), *Spesifikasi Umum Bidang Jalan dan Jembatan Divisi VI Perkerasan Beraspal*, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Harold N. Atkins, PE, (1997), *Highway Materials, Soils and Concretes*, 3th Edition Prentice Hall, New Jersey.
- Kennedy, T. W, (1996), *The Bottom line: Superpave System Work*, Tthe Superpave Asphalt Research Program, The University of Texas at Austin.
- Silvia.S, (1999), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.

Silvia.S, (2003), *Beton Aspal Campuran Panas*, Penerbit Granit, Jakarta.

Shell Bitumen, (1991), *The Shell Bitumen Hand Book*.

Rulia, K, (2002), *Pengaruh Variasi Peningkatan Jumlah Tumbukan pada Campuran Beton Aspal dengan Agregat Batu terhadap Properties Marshall dan Nilai Kohesi*, Tesis MSTT-UGM, Yogyakarta.

The Asphalt Institute, (1995), *Construction of Hot Mix Asphalt Pavement Manual Series No. 22*, Second edition Lexington, USA.

The Asphalt Institute, (1996), *Superpave Mix Design*, Superpave Series No. 2 Lexington, USA.

DOKUMENTASI**Gambar 3.**



Gambar 4.



Gambar 5.



Gambar 6.



Gambar 7.



Gambar 8.



Gambar 9.



Gambar 10.