

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN RECYCLE ASPHALT
PAVEMENT DENGAN PEREMAJA ASPAL BERUPA
ENDAPAN CRUDE PALM OIL UNTUK STRUKTUR
PERKERASAN JALAN AC-WC
(*RECYCLE ASPHALT PAVEMENT UTILIZATION
WITH SLUDGE OF CRUDE PALM OIL AS ASPHALT
REJUVENATOR FOR AC-WC ROAD PAVEMENT
STRUCTURE*)**

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



Alivia Ayu Pratiwi

15511129

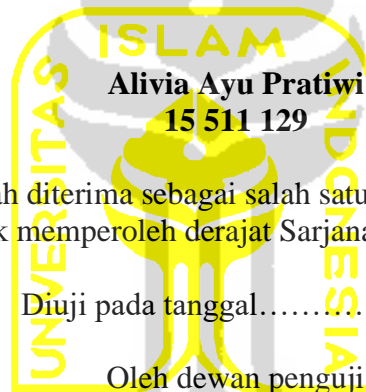
**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2020**

TUGAS AKHIR

PEMANFAATAN RECYCLE ASPHALT PAVEMENT DENGAN PEREMAJA ASPAL BERUPA ENDAPAN CRUDE PALM OIL UNTUK STRUKTUR PERKERASAN JALAN AC-WC (*RECYCLE ASPHALT PAVEMENT UTILIZATION WITH SLUDGE OF CRUDE PALM OIL AS ASPHALT REJUVENATOR FOR AC-WC ROAD PAVEMENT STRUCTURE*)

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

Disusun Oleh:



Alivia Ayu Pratiwi
15 511 129

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

Diuji pada tanggal.....

Oleh dewan penguji

Pembimbing

Subarkah, Ir., M.T.
NIK: 865110101

Penguji I

Berlian Kushari, S.T., M.Eng.
NIK: 015110101

Penguji II

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

Mengesahkan
Ketua Program Studi Tek

Dr. Ir. Sri Amini Yuni As
NIK: 885110101



PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Alivia Ayu Pratiwi
NIM : 15 511 129
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan *Recycle Asphalt Pavement* Dengan Peremaja Aspal Berupa Endapan *Crude Palm Oil* Untuk Struktur Perkerasan Jalan AC-WC (*Recycle Asphalt Pavement Utilization With Sludge Of Crude Palm Oil As Asphalt Rejuvenator For Ac-Wc Road Pavement Structure*)

Dengan penuh kesadaran saya telah memahami sebaik-baiknya dan menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya susun bebas dari segala bentuk plagiat. Apabila pada kemudian hari terbukti adanya indikasi plagiat dalam Tugas Akhir yang saya susun ini maka saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan dan hukum yang berlaku.

Yogyakarta, 22 November 2019

Yang membuat pernyataan,



Alivia Ayu Pratiwi

(15 511 129)

DEDIKASI

Tugas akhir ini saya dedikasikan untuk orang-orang di bawah ini.

1. Bapak Pansimak Adi Rohayat dan Ibu Nur Hidayah, selaku penyokong kehidupan sejak saya lahir. Terima kasih banyak sudah mengajarkan saya banyak hal, sudah memberikan yang terbaik dari saya lahir hingga saya berada di pencapaian ini. Semoga sehat selalu sehingga bisa melihat saya di pencapaian-pencapaian yang berikutnya.
2. Aulia Artha Anggreini, adik kecil yang menyebalkan. Selalu menanyakan kapan saya lulus dan memotivasi saya untuk selesai untuk mewujudkan beberapa impian kami berdua. Semoga segera terlaksana.
3. Keluarga besar bapak H. Soedarso (alm.) dan H. Soewardjo (alm.) yang senantiasa menyemangati dan mendoakan yang terbaik dalam proses penyelesaian Tugas Akhir ini.
4. Mutia Muyasarah, yang menemani kemana saja sejak semester awal perkuliahan hingga di ujung perkuliahan ini. Teman mengembangkan diri untuk menjadi lebih baik lagi setiap harinya. Teman yang selalu ada di segala suasana.
5. Denny Risa Kurniawan, yang mendengarkan segala keluh kesah dari kehidupan kuliah hingga kehidupan pribadi selama di tanah perantauan. Sobat McD dan Koma serta pemburu promo bulanan.
6. Muhammad Irfan Altamish, yang senantiasa menghibur dikala gundah. Yang mau diajak pergi jauh-jauh untuk menghilangkan rasa penat ketika mengerjakan Tugas Akhir.
7. Rahma Aulia Sodiq, teman terdekat di kampus yang selalu kemana-mana berdua. Yang menolong segala kehidupan kampus saya. Yang membuat saya pelan-pelan keluar dari zona nyaman dan berani mencoba hal-hal baru.

8. Diana Kusuma Dewi dan Riqhi Alvin Sani, teman nonton ketika saya sedang penat dan butuh hiburan. Yang mau diajak pergi walaupun saya bilangnya satu jam sebelum film dimulai.
9. Fitri Dwi Pangestika, Annaria Anggi Siagian, dan Uray Nada Putri Atikah, sobat p(x) yang menjadi motivasi saya untuk cepat lulus. *Healing circle* yang selalu membuat saya merasa lebih baik.
10. Teman-teman penghuni Sekar Ayu Griya Muslimah sejak tahun 2015 hingga sekarang, yang selalu siap siaga menemani membantu dikala senang maupun susah.
11. Affina, Bowo, Ulfa, Kiki, Wakwik, Ina, dan Brian, teman-teman KKN Somongari unit 211 yang sempat mengisi hari-hari saya selama satu bulan penuh. Semoga kita bisa berkumpul lagi di lain waktu.
12. Pak Dadan, Bang Anto, Bang Amir, Bang Erwin, Bang Edi, yang membantu dalam kegiatan pengambilan data dari awal hingga akhir.
13. Teman-teman Teknik Sipil UII Angkatan 2015 yang senantiasa membantu dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.
14. Teman-teman yang pernah satu *band* sama saya. Terima kasih sudah mengisi waktu luang saya dan menemani saya melakukan hal yang saya suka.
15. Dan terakhir, untuk saya sendiri. Terima kasih sudah berusaha untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dan menikmati segala bentuk prosesnya. Kamu hebat.

KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT karena atas rahmat dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul Uji Kelayakan Penggunaan RAP untuk Kegiatan Perbaikan Struktur Perkerasan Jalan.

Selama proses penyusunan berlangsung, banyak hambatan yang terjadi. Namun karena kritik, saran, semangat, dan dorongan dari banyak pihak, *alhamdulillah* Tugas Akhir ini dapat terselesaikan. Untuk ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang sudah terlibat dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

1. Dr. Ir. Sri Amini Yuni Astuti, M.T., selaku Kepala Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
2. Bapak Ir. Subarkah, M.T., selaku dosen pembimbing yang sudah memberikan kritik dan saran yang sangat membantu saya untuk menyusun Tugas Akhir ini.
3. Bapak Berlian Kushari, S. T., M. Eng dan Ir. Bapak Corry Ya'cub, M. T., selaku dosen penguji.
4. Bapak Ir. Indra Syahfari dan Bapak Purdiyanto, S.T., M.T., selaku penanggung jawab Unit Pelaksanaan Teknis Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas PU dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Barat.

Akhir kata, penulis berharap agar Tugas Akhir ini dapat menjadi sesuatu yang bermanfaat, bagi penulis maupun pihak yang membacanya.

DAFTAR ISI

COVER	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	xv
ABSTRAK	xviii
ABSTRACT	xvi
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4. Manfaat Penelitian	3
1.5. Batasan Penelitian	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penggunaan Material Daur Ulang pada Struktur Perkerasan Jalan	5
2.2 Penggunaan Bahan Peremaja Aspal pada Campuran Aspal dan Agregat	5
2.3 Perbandingan Penelitian	7
BAB III	11
LANDASAN TEORI	11
3.1 Perkerasan Jalan	11

3.1.1	Pengertian Perkerasan Jalan	11
3.1.2	Perkerasan Lentur	11
3.2	Agregat	14
3.2.1	Pengertian Agregat	14
3.2.2	Peran Agregat	14
3.2.3	Jenis dan Sifat Fisik Agregat	15
3.3	Aspal	20
3.3.1	Pengertian Aspal	20
3.3.2	Karakteristik Aspal	21
3.3.3	Syarat Aspal yang Digunakan sebagai Bahan Jalan	23
3.4	Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)	24
3.5	Bahan Peremaja Campuran	24
3.6	Endapan Crude Palm Oil	25
BAB IV		26
METODE PENELITIAN		26
4.1	Obyek dan Subyek Penelitian	26
4.2	Data dan Metode Pengumpulan Data	26
4.2.1	Melakukan Ekstraksi Aspal	26
4.2.2	Mengambil Material Uji	27
4.2.3	Melakukan Remoulding pada Limbah Campuran Aspal dan Agregat	28
4.2.4	Melakukan Pengujian pada Aspal	29
4.2.5	Pemeriksaan Gradasi Agregat	29
4.2.6	Pengujian Sifat Fisik Agregat	30
4.2.7	Membuat Campuran Aspal dengan Metode Marshall	30
4.2.8	Penambahan Bahan Peremaja	33
4.2.9	Penentuan Nilai Kadar Aspal	33
4.2.10	Perencanaan Campuran	35
4.2.11	Pengujian Marshall pada Aspal	40
4.2.12	Uji Cantabro pada Aspal	41
4.3	Jumlah dan Variasi Sampel Penelitian	41

4.4	Diagram Alir (Flowchart)	42
BAB V		45
ANALISIS DAN PEMBAHASAN DATA		45
5.1	Hasil Pengujian Remoulding	45
5.2	Hasil Pengujian Karakteristik Material Pengujian	45
5.2.1	Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70	45
5.2.2	Hasil Pengujian Agregat Kasar	47
5.2.3	Hasil Pengujian Agregat Halus	48
5.2.4	Hasil Pengujian Aspal RAP	49
5.3	Hasil Pengujian Marshall untuk Nilai KAO	50
5.4	Pengujian Karakteristik Marshall	59
5.4.1	Hasil Pengujian	59
5.4.2	Pembahasan	60
5.5	Hasil Pengujian Cantabro	69
5.6	Rekapitulasi Hasil Pengujian Kelayakan Penggunaan Material Bekas Pakai untuk Kegiatan Perbaikan Struktur Perkerasan Jalan	70
BAB VI		73
KESIMPULAN DAN SARAN		73
6.1	Kesimpulan	73
6.2	Saran	74
DAFTAR PUSTAKA		76
LAMPIRAN		78

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian	9
Tabel 3. 1 Ketentuan Agregat Kasar	15
Tabel 3. 2 Ketentuan Agregat Halus	18
Tabel 3. 3 Ketentuan-Ketentuan untuk Aspal Keras	24
Tabel 4. 1 Viskositas Penentuan Suhu	31
Tabel 4. 2 Gradasi Agregat yang Digunakan	34
Tabel 4. 4 Rekapitulasi Komposisi Campuran Aspal untuk <i>Trial</i> KAO	37
Tabel 4. 5 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 3,8%	38
Tabel 4. 6 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 4,3%	38
Tabel 4. 7 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 4,8%	38
Tabel 4. 8 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 5,3%	39
Tabel 4. 9 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 5,8%	39
Tabel 4. 10 Perkiraan Jumlah Uji untuk Mencari Nilai KAO	42
Tabel 4. 11 Perkiraan Jumlah Benda Uji untuk Mencari Persentase Limbah Agregat	42
Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Aspal	47
Tabel 5. 2 Rekapitulas Hasil Pengujian Agregat Kasar	48
Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus	49
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Pengujian Aspal RAP	50
Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari Nilai KAO	56
Tabel 5. 6 Rekapitulasi Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan KAO	60
Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Campuran	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 4. 1 Limbah Campuran Aspal dan Agregat	28
Gambar 4. 2 Gradasi Gabungan RAP dan Agregat Baru	35
Gambar 4. 3 Diagram Alir Penelitian	43
Gambar 5. 1 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	51
Gambar 5. 2 Grafik Hubungan <i>Flow</i> dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	51
Gambar 5. 3 Grafik Hubungan MQ dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	52
Gambar 5. 4 Grafik Hubungan VITM dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	53
Gambar 5. 5 Grafik Hubungan VFWA dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	53
Gambar 5. 6 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	54
Gambar 5. 7 Grafik Hubungan <i>Density</i> dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja	55
Gambar 5. 8 Diagram Kadar Aspal Optimum pada Kadar Peremaja 0%	57
Gambar 5. 9 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Kadar Peremaja 2%	57
Gambar 5. 10 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Peremaja 3%	58
Gambar 5. 11 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Kadar Peremaja 4%	58
Gambar 5. 12 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Kadar Peremaja 6%	59
Gambar 5. 13 Grafik Hubungan antara Kadar RAP dengan Stabilitas	61
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan <i>Flow</i>	62
Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan VITM	63
Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan VFWA	64
Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan VMA	66

Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan <i>Density</i>	67
Gambar 5. 19 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan MQ	68
Gambar 5. 20 Diagram Kadar RAP Optimum dengan Kadar Peremaja 2%	69
Gambar 5. 21 Hubungan antara Kadar RAP dan <i>Cantabro Loss</i>	70



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh Material	79
Lampiran 2 Gambar Alat Pengujian Ekstraksi Aspal RAP	81
Lampiran 3 Gambar Alat Pengujian Penetrasi Aspal	82
Lampiran 4 Gambar Alat Pengujian Daktilitas Aspal	83
Lampiran 5 Gambar Alat Pengujian Titik Lembek Aspal	84
Lampiran 6 Gambar Alat Pengujian Kelarutan Aspal	85
Lampiran 7 Gambar Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar	86
Lampiran 8 Gambar Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	87
Lampiran 9 Gambar Alat Pengujian Keausan Agregat	88
Lampiran 10 Gambar Alat Pengujian <i>Sand Equivalent</i>	89
Lampiran 11 Gambar Alat Pengujian <i>Marshall</i>	90
Lampiran 12 Gambar Alat Pengujian <i>Cantabro</i>	92
Lampiran 13 Pengujian Penetrasi Aspal	93
Lampiran 14 Pengujian Berat Jenis Aspal	94
Lampiran 15 Pengujian Titik Lembek Aspal	95
Lampiran 16 Pengujian Kelarutan Aspal	96
Lampiran 17 Pengujian Daktilitas Aspal	97
Lampiran 18 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar	98
Lampiran 19 Pengujian Keausan Agregat	99
Lampiran 20 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus	100
Lampiran 21 Pengujian <i>Sand Equivalent</i>	101
Lampiran 22 Pengujian Titik Lembek Aspal RAP	102
Lampiran 23 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 0%	103
Lampiran 24 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 0%	104
Lampiran 25 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 2%	106

Lampiran 26 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 2%	107
Lampiran 27 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 3%	109
Lampiran 28 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 3%	110
Lampiran 29 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 4%	112
Lampiran 30 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 4%	113
Lampiran 31 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 6%	115
Lampiran 32 Grafik Pengujian <i>Marshall</i> untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 6%	116
Lampiran 33 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar RAP 0%	118
Lampiran 34 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar RAP 25%	119
Lampiran 35 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar RAP 30%	120
Lampiran 36 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar RAP 50%	121
Lampiran 37 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar RAP 75%	122
Lampiran 38 Hasil Pengujian <i>Marshall</i> dengan Kadar RAP 100%	123
Lampiran 39 Hasil Pengujian <i>Cantabro</i>	124

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

Notasi

- RAP : *Reclaimed Asphalt Pavement*
- CPO : *Crude Palm Oil*
- a : persentase aspal terhadap batuan (%)
- b : persentase aspal terhadap campuran (%)
- c : berat kering sebelum direndam
- d : berat basah jenuh (*SSD*)
- e : berat didalam air
- f : volume benda uji (cc)
- g : berat isi sampel (gr/cc)
- h : berat jenis maksimum teoritis campuran
- i : persen aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis aspal (%)
- j : persentase hasil pengurangan 100 dengan persentase aspal terhadap campuran dikalikan berat isi benda uji dibagi berat jenis agregat (%)
- k : jumlah kandungan rongga (%)
- l : rongga terhadap agregat (*VMA*) (%)
- m : rongga terisi aspal (*VFWA*) (%)
- n : rongga dalam campuran (*VITM*) (%)
- o : nilai pembacaan arloji stabilitas
- p : nilai pembacaan arloji stabilitas dikalikan dengna kalibrasi *proving ring*
- q : stabilitas (kg)
- r : *Flow* (mm)
- s : tebal benda uji (cm)

Istilah

- Agregat** : sekumpulan butiran batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, yang berasal dari alam atau buatan.
- Agregat Halus** : bahan yang lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm).
- Agregat Kasar** : agregat yang tertahan saringan No.8 (2,36 mm).
- Aspal** : material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperatur berbentuk padat sampai agak padat.
- Gradasi Agregat** : distribusi ukuran butiran agregat atau pengelompokan agregat dengan ukuran yang berbeda.
- Marshall Test** : menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari suatu campuran aspal.
- Stabilitas** : kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur ataupun *bleeding*.
- Fleksibilitas** : kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan perubahan volume.
- Workability** : kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan.
- Flow** : besarnya deformasi yang terjadi pada lapis keras akibat beban yang diterima.
- VMA** : rongga udara antar butiran agregat dalam campuran aspal beton.

- VITM* : persentase antara rongga udara dengan volume total campuran setelah dipadatkan.
- VFWA* : persentase rongga dalam campuran yang terisi aspal.
- Density* : nilai yang menunjukkan besarnya kepadatan suatu campuran yang telah dipadatkan.



ABSTRAK

Besarnya peran jalan raya sebagai sarana penghubung menjadikan banyaknya pembangunan maupun pemeliharaan perkerasan jalan setiap tahunnya. Penggunaan bahan alam seperti aspal dan agregat yang menjadi campuran aspal untuk pembangunan struktur perkerasan jalan menjadi meningkat seiring bertambahnya jumlah pembangunan yang dilakukan. Namun, hal ini dapat menyebabkan menipisnya persediaan alam akibat penggunaan aspal dan agregat sebagai material baru untuk struktur perkerasan jalan. Selain itu, kegiatan pemeliharaan juga dapat menambah jumlah limbah aspal yang dapat berpengaruh pada keadaan lingkungan sekitar.

Maka dari itu, untuk mengurangi penggunaan material baru sekaligus limbah aspal, maka dilakukan penelitian campuran *Reclaimed Asphalt Pavement* dan campuran material baru dengan kadar tertentu. Dilakukan juga penambahan bahan peremaja aspal berupa endapan *Crude Palm Oil* untuk mengembalikan sifat aspal RAP yang sudah hilang. Dilakukan *trial* untuk menentukan KAO dengan kadar peremaja 0%, 2%, 3%, 4% dan 6% terhadap kadar aspal baru, kemudian setelah didapatkan KAO, dicari kadar RAP yang memenuhi dengan kadar *trial* sebanyak 0%, 25%, 30%, 50% 75% dan 100%. Pengujian yang dilakukan adalah *Marshall* dan *Cantabro*.

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan, diketahui bahwa campuran aspal dengan kadar RAP 30% hingga 50% dengan peremaja endapan CPO sebesar 2% memiliki performa yang paling baik dari yang lainnya. Hal ini disebabkan karena komposisi campuran yang optimal sehingga dapat menciptakan campuran yang hampir sama baiknya seperti campuran aspal dengan material yang baru.

Kata Kunci : RAP, *Crude Palm Oil*, *Marshall*, *Cantabro*, Peremaja.

ABSTRACT

The main role of roadway as the connector media is the reason why there are so many road constructions or road pavement maintenance in every year. The use of asphalt and aggregate as the materials of road pavement structure is increasing, followed by the amount of development activities. But, it would make the available of asphalt and aggregate become diminish. Moreover, maintenance activity would increase the quantity of asphalt waste that could disturb the environment.

According to that case, to reduce the use of new material and asphalt waste so the writer did a research about mixture of Reclaimed Asphalt Pavement and new materials with particular amount with an additional of Crude Palm Oil's precipitation as asphalt rejuvenator. The writer did a trial amount of the rejuvenator between 0%, 2%, 3%, 4%, and 6% to get number of optimum asphalt value. After that, the writer did another trial of the amount of RAP value between 0%, 25%, 30%, 50%, 75%, and 100% with Marshall Test and Cantabro Test.

From this research, it conclude that the mixture of 30% until 50% RAP with 2% rejuvenator can provide the best asphalt mixture performance. The reason is the optimum composition of every material in the mixture. With the help of rejuvenator, the mixture can be used for pavement structure maintenance activity.

Keyword : RAP, Crude Palm Oil, Marshall, Cantabro, Rejuvenator.

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peran jalan raya saat ini menjadi sangat penting bagi keberlangsungan aktivitas masyarakat. Jalan raya menjadi sarana penghubung antar satu tempat dengan tempat lainnya. Adanya jalan raya dapat membantu meningkatkan kesejahteraan hidup masyarakat, misalnya dapat mengirim barang lebih cepat ke suatu tujuan.

Diperlukan perencanaan yang tepat agar dapat menciptakan sebuah jalan raya yang nyaman dan aman dilewati. Perhitungan komposisi material yang digunakan juga harus diperhatikan agar dapat kuat menahan besarnya beban yang lewat di atas struktur perkerasan jalan tersebut. Selain itu kualitas material juga harus diperhatikan agar sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.

Perhitungan umur rencana juga dilakukan untuk mengetahui berapa lama sebuah struktur perkerasan dapat melayani lalu lintas dengan baik. Jika sudah mencapai umur rencana, dilakukan pembongkaran struktur perkerasan jalan dan dilakukan pembangunan ulang dengan material yang baru. Dari kegiatan pembongkaran tersebut dihasilkan sebuah limbah aspal dan agregat yang disebut *Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)*.

Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) adalah limbah sisa perkerasan jalan yang telah rusak atau habis umur rencananya. Pembuangan RAP secara sembarang dapat mempengaruhi perubahan sifat lingkungan, salah satunya adalah mengurangi tingkat kesuburan tanah yang berada di sekitarnya. Untuk kegiatan pembuangan agregat dan aspal bekas pakai memerlukan tempat pembuangan. Pembuangan RAP secara sembarang dapat mempengaruhi perubahan sifat lingkungan, salah satunya mengurangi tingkat kesuburan tanah yang berada di sekitarnya.

Langkah yang ingin dilakukan dari masalah yang sudah dipaparkan diatas adalah dengan mengurangi limbah campuran struktur perkerasan jalan dengan

menggunakannya kembali pada kegiatan perbaikan jalan. Campuran dari aspal dan agregat akan dikembalikan lagi sifatnya agar dapat digunakan kembali sehingga mengurangi limbah yang dihasilkan. Namun sebelum dilakukan penambahan bahan peremaja, limbah campuran aspal dan agregat akan di uji dengan proses *remoulding* untuk mengetahui kemampuan limbah tersebut dan dilakukan pengujian *Marshall*. Jika memang kemampuan limbah campuran sudah tidak memungkinkan, maka dilakukan penambahan bahan peremaja pada campuran tersebut.

Diperlukan bahan tambah sebagai *rejuvenator* (peremaja) campuran tersebut. Sudah banyak penelitian dengan menggunakan berbagai macam bahan peremaja, baik yang bersifat alami ataupun buatan. Nantinya akan ditambahkan penggunaan endapan *Crude Palm Oil* (CPO) bersama aspal baru sebagai *rejuvenator* yang akan mengembalikan sifat aspal pada campuran tersebut dengan kadar tertentu agar campuran tersebut dapat digunakan dalam kegiatan perbaikan jalan.

Crude Palm Oil (CPO) sendiri merupakan hasil alam yang cukup banyak terdapat di Kalimantan Barat. Diharapkan untuk penggunaan CPO ini dapat mengembalikan performa campuran aspal untuk menciptakan sebuah struktur perkerasan yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang di atas, dapat dijabarkan beberapa rumusan masalah seperti yang tertulis di bawah ini.

1. Apakah aspal dan agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dapat digunakan kembali untuk kegiatan perbaikan jalan?
2. Apa pengaruh endapan *Crude Palm Oil* (CPO) dapat berfungsi sebagai bahan peremaja yang baik untuk limbah aspal dan agregat?
3. Berapa kadar aspal dan agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) yang dapat digunakan untuk membuat campuran aspal yang baik?
4. Berapa kadar endapan *Crude Palm Oil* (CPO) yang dibutuhkan untuk membuat campuran yang baik?

5. Seberapa efektif pemanfaatan *Recycle Asphalt Pavement* (RAP) dengan penggunaan endapan *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai peremaja.

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun yang ingin dicapai oleh penulis dapat dilihat di bawah ini.

1. Untuk mengetahui sifat aspal dan agregat *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) yang akan digunakan untuk kegiatan perbaikan jalan.
2. Untuk mengetahui pengaruh endapan *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai peremaja untuk limbah aspal dan agregat.
3. Untuk mengetahui kadar aspal dan agregat dari *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) yang dapat digunakan untuk membuat campuran aspal yang baik.
4. Untuk mengetahui kadar endapan *Crude Palm Oil* (CPO) yang dibutuhkan untuk membuat campuran aspal yang baik.
5. Untuk mengetahui seberapa efektif pemanfaatan *Recycle Asphalt Pavement* (RAP) dengan penggunaan endapan *Crude Palm Oil* (CPO) sebagai peremaja.

1.4. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian tersebut dapat dilihat di bawah ini.

1. Mengurangi jumlah penggunaan agregat dan aspal baru.
2. Mengurangi jumlah *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) akibat kegiatan pembongkaran struktur perkerasan jalan.
3. Penelitian ini menggunakan agregat dan aspal yang berasal dari *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP).
4. Memanfaatkan *Crude Palm Oil* sebagai sumber alam yang dapat digunakan sebagai bahan peremaja aspal dengan kadar tertentu.
5. Menjadi referensi untuk penelitian selanjutnya dalam mengembangkan penggunaan limbah campuran aspal dan agregat dalam pekerjaan struktur perkerasan jalan.

1.5. Batasan Penelitian

Adapun batasan dari penelitian ini dapat dilihat di bawah ini.

1. Penelitian ini dilakukan di Unit Pelaksanaan Teknis Laboratorium Bahan Konstruksi Dinas PU dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Barat dan Laboratorium Jalan Raya Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta.
2. *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) yang digunakan dalam campuran ini diambil dari ruas jalan Tanjung – Entikong, Kalimantan Barat.
3. Bahan peremaja alami yang digunakan adalah endapan *Crude Palm Oil* (CPO) yang didapat dari Kalimantan Barat.
4. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini ada dua macam, yaitu *Marshall* dan *Cantabro*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penggunaan Material Daur Ulang pada Struktur Perkerasan Jalan

Setiawan dan Pradani (2013) menyatakan bahwa pemanfaatan kembali material perkerasan jalan lama merupakan salah satu metode konservasi dan persevasi sumber daya. Penggunaan material perkerasan daur ulang (RAP) tentunya akan berdampak kepada kualitas dari perkerasan jalan untuk mengingat bahwa material daur ulang telah mengalami kemungkinan penurunan kualitas selama masa layannya. Untuk itulah diperlukan pemeriksaan lebih lanjut tentang kelayakan material daur ulang agar dapat dipergunakan kembali sebagai material perkerasan jalan.

2.2 Penggunaan Bahan Peremaja Aspal pada Campuran Aspal dan Agregat

Mulyono (1996) menyatakan bahwa kendala yang dihadapi pada lapis keras lentur dengan bahan ikat asbuton adalah kualitas lapis keras yang dihasilkan belum bisa bersaing dengan lapis keras yang memakai aspal minyak. Hal ini dikarenakan masih banyak sifat-sifat asbuton yang belum diketahui, sehingga dalam penerapan di lapangan masih banyak dijumpai kekurangan dan kelimpangan kualitas. Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan peremaja asbuton dan lama pemeramannya terhadap sifat-sifat *Marshall* campuran agregat asbuton. Asbuton yang digunakan adalah asbuton murni B-30, selanjutnya diperam dengan bahan peremaja menjadi Aspal Alam Cair (AAC). Waktu pemeramannya bervariasi dari satu hingga enam bulan. Bahan peremaja yang digunakan adalah minyak tanah, solar, dan BFO (*Bunker Fuel Oil*).

Nigen Chaidron dan Porot (2008) menyatakan bahwa sebuah bahan peremaja membunyai viskositas dari 200 sampai 60.000 cSt pada suhu 60°C dan mengandung 10-90% berat bitumen, dimana persentase yang ada berdasarkan dari total berat dari campuran tersebut. Pada penelitian ini menggunakan minyak sawit

sebagai bahan peremaja aspal. Minyak sawit dapat digunakan sebagai bahan peremaja pada keadaan *hot in-place* dan *hot in-plant* pada proses *recycling*. Penambahan 3% dari minyak sawit ke bitumen dengan penetrasi 60/70 menghasilkan nilai viskositas yang lebih tinggi dari sebelumnya.

Sumantri dkk. (2014) menyatakan bahwa penambahan lapis perkerasan di atas lapis perkerasan lama (*overlay*) sebagai tindakan peremajaan lapis perkerasan dinilai kurang efektif karena hal tersebut dapat merusak lapisan pondasi dibawahnya serta memerlukan dana yang tidak sedikit. Diperlukan inovasi dalam pemeliharaan jalan yang ekonomis, efektif, dan ramah lingkungan. *Recycling* (daur ulang) merupakan metode yang dapat menjadi alternatif untuk permasalahan tersebut. Pada penelitian ini menggunakan pencampuran perkerasan jalan dengan metode *cold mix*. Dalam metode *cold mix* diperlukan bahan peremaja agar aspal yang terkandung didalamnya dapat digunakan kembali.

Laksmi dkk. (2016) menyatakan bahwa perkerasan merupakan salah satu hal yang paling penting untuk menunjang kelancaran transportasi. Melihat peningkatan mobilitas penduduk yang sangat tinggi, maka diperlukan peningkatan kualitas pembangunan prasarana transportasi jalan yang ramah lingkungan, murah, dan tahan lama dengan inovasi peremajaan aspal tua. Salah satu metode peremajaan ini dengan cara meremajakan aspal yang sudah mengalami penuaan dengan ditambah bahan peremaja berupa minyak tanah, minyak goreng, solar, dan aspal baru. Tujuan penelitian untuk mengetahui karakteristik aspal tua, aspal tua ditambah dengan bahan peremaja dan analisis pengaruh bahan peremaja dalam memperbaiki sifat aspal tua. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi pertambahan bahan peremaja 0%, 2%, 4%, 6% terhadap total berat aspal untuk mengetahui pengaruh kadar pertambahan bahan peremaja dalam memperbaiki sifat aspal.

Nono (2016) menyatakan bahwa kebutuhan aspal dan agregat untuk pembangunan dan pemeliharaan perkerasan beraspal pada setiap tahun selalu meningkat, padahal aspal selalu diimpor dan ketersediaan agregat juga semakin berkurang. Untuk mengatasi permasalahan tersebut, maka salah satu upaya untuk mengatasinya adalah dengan memanfaatkan produk limbah yang diperoleh dari

aktivitas pemeliharaan perkerasan lentur, yaitu material daur ulang perkerasan beraspal *Reclaimed Asphalt Pavement*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh tiga bahan peremaja terhadap kinerja campuran beraspal panas yang menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement*. Metodologi yang digunakan adalah eksperimental di laboratorium, yaitu dengan membandingkan antara kinerja kerja campuran beraspal yang menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* ditambah peremaja dan yang tidak menggunakan peremaja, serta membandingkan pengaruh tiga jenis peremaja terhadap kinerja setiap campuran beraspal panas. Hasil studi ini menunjukkan bahwa penggunaan *Reclaimed Asphalt Pavement* dalam campuran beraspal yang tanpa peremaja adalah maksimum 10%. Hasil pengujian terhadap ketahanan deformasi dan kelelahan, diperoleh bahwa penggunaan peremaja ReJIRE dalam campuran beraspal panas yang menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* dapat mencapai 30% dan memiliki kinerja yang terbaik. Penggunaan bahan peremaja ReJIRE dalam campuran beraspal panas yang menggunakan *Reclaimed Asphalt Pavement* dapat menjadi salah satu alternatif untuk digunakan dalam campuran beraspal.

2.3 Perbandingan Penelitian

Pada proyek pemeliharaan jalan yang dilakukan secara berkala, belum banyak proyek yang menggunakan material bekas pakai sebagai campuran perkerasan jalan. Hal ini disebabkan karena belum banyaknya jenis peremaja yang cukup kuat untuk mengembalikan sifat material tersebut. Selain itu juga, belum tentu semua material bekas pakai mampu untuk membentuk sebuah campuran yang sama kualitasnya dengan campuran dengan material baru walaupun sudah menggunakan bahan peremaja.

Dalam penelitian ini, dilakukan penelitian terhadap campuran yang terdiri dari campuran aspal dan agregat baru dengan kandungan RAP yang kemudian ditambahkan bahan peremaja. Bahan peremaja yang digunakan adalah endapan *Crude Palm Oil* (CPO). Dilakukan *trial* kadar peremaja sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, dan 6%. Setelah itu dilakukan *trial* kadar RAP sebesar 0%, 25%, 30%, 50%, 75%, dan 100%. Sementara menurut penelitian Nigen Chaidron dan Porot (2013) hanya berfokus kepada karakteristik aspal yang mengalami penuaan. Bahan peremaja

yang digunakan adalah minyak kelapa sawit murni dengan kadar 3%, 10%, 25%, 50% dan 80%. Pada penelitian yang dilakukan Nigen Chaidron dan Porot tidak dilakukan *trial* kadar RAP. Untuk perbandingannya secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.



Tabel 2. 1 Perbandingan Penelitian

Aspek	Laksmi dkk. (2016)	Nono (2016)	Sumantri dkk. (2014)	Setiawan dan Pradani (2013)	Nigen Chaidron dan Porot (2013)	Mulyono (1996)	Penulis
Judul	Pengaruh Bahan Peremaja terhadap Sifat Penuaan Aspal	Pengaruh Bahan Peremaja Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Menggunakan Daur Ulang Perkerasan Beraspal.	Pengaruh Peremaja Oli Bekas dan Solar Terhadap Karakteristik Marshall Perkerasan Daur Ulang dengan Asbuton	Analisis Sifat Fisik Material Perkerasan Jalan Hasil Daur Ulang	<i>Rejuvenating Agent and Process for Recycling of Asphalt</i>	Pengaruh Variasi Bahan Peremaja dan Waktu Pemeraman terhadap Campuran Asbuton Gradasi Tertutup	Uji Kelayakan Penggunaan Material Bekas Pakai untuk Kegiatan Perbaikan Struktur Perkerasan Jalan
Jenis Campuran	-	Aspal Panas	<i>Cold Mix</i>	-	<i>Hot Mix</i>	Asbuton	AC-WC
Peremaja	Solar, Minyak Goreng, dan Minyak Tanah	Minyak Goreng, Oli SAE 10 dan RejIRE	Oli Bekas dan Solar	-	Minyak Kelapa Sawit	<i>Bunker Fuel Oil</i> , Minyak Tanah, Solar	Endapan <i>Crude Palm Oil</i> (CPO)
Pengujian	-	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i>	Pengujian Sifat Aspal dan Agregat RAP	Pengujian Sifat Aspal	<i>Marshall</i>	<i>Marshall</i> dan <i>Cantabro</i>

Lanjutan Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti

Aspek	Laksmi dkk. (2016)	Nono (2016)	Sumantri dkk. (2014)	Setiawan dan Pradani (2013)	Nigen Chaidron dan Porot (2013)	Mulyono (1996)	Penulis
Hasil	Nilai kekakuan aspal setelah ditambah peremaja semakin kecil.	Nilai viskositas penggunaan minyak goreng dan oli lebih kecil dari penggunaan RejIRE, namun nilai titik nyala cukup tinggi untuk ketiganya.	Nilai stabilitas semakin menurun seiring bertambahnya kadar peremaja pada campuran.	Sifat fisik agregat RAP tidak memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Namun berat jenisnya masih memenuhi spesifikasi	Penambahan minyak sawit mempengaruhi nilai viskositasnya. Namun kadar peremaja yang baik digunakan adalah sebesar 3%.	Minyak tanah mempengaruhi sifat aspal RAP menjadi lebih baik.	Dengan penggunaan endapan <i>Crude Palm Oil</i> , penggunaan 30%-50% kadar RAP dapat digunakan untuk membuat campuran baru.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Perkerasan Jalan

3.1.1 Pengertian Perkerasan Jalan

Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006, jalan merupakan prasarana transportasi darat yang meliputi segala bagian jalan, termasuk bangunan pelengkap dan perlengkapannya yang diperuntukkan bagi lalu lintas yang berada pada permukaan tanah, di atas permukaan tanah, di bawah permukaan tanah dan/atau air, serta di atas permukaan air, kecuali jalan kereta api, jalan lori, dan jalan kabel.

Menurut Sukirman (1994) jalan adalah jalur-jalur tanah di atas permukaan bumi yang sengaja dibuat oleh manusia dengan bentuk, ukuran-ukuran dan konstruksinya sehingga dapat digunakan untuk menyalurkan lalu lintas orang, hewan dan kendaraan yang mengangkut barang-barang dari tempat yang satu ke tempat lainnya dengan cepat dan mudah.

3.1.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur dengan bahan pengikat aspal yang disebut campuran aspal panas atau *hot mix*. Pemakaian tipe perkerasan lentur tersebut semakin meningkat seiring dengan meningkatnya pengembangan suatu daerah. Komponen aspal memberikan sumbangan sebesar 60% dari biaya total *hot mix*. Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapisan yang akan dijabarkan seperti di bawah ini.

1. Lapisan Tanah Dasar (*subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung konstruksi perkerasan jalan di atasnya. Menurut spesifikasi, tanah dasar adalah lapisan paling atas dari timbunan badan jalan setebal 30 cm yang mempunyai persyaratan tertentu sesuai fungsinya, yaitu yang berkenaan dengan kepadatan dan daya dukungnya (CBR).

Lapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan jika tanah aslinya baik, atau tanah urugan yang didatangkan dari tempat lain atau tanah yang distabilisasi dan lain-lain.

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan menjadi tiga, yaitu tanah galian, tanah urugan, dan tanah asli.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya, persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut.

- a. Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) akibat beban lalu lintas.
 - b. Sifat mengembang dan menyusutnya tanah akibat perubahan kadar air.
 - c. Daya dukung tanah yang tidak merata akibat adanya perbedaan sifat-sifat tanah pada lokasi yang berdekatan atau akibat kesalahan pelaksanaan, misalnya kepadatan yang kurang baik.
2. Lapisan Pondasi Bawah (*Subbase Course*)
- Lapis pondasi bawah adalah lapisan perkerasan yang terletak di atas lapisan tanah dasar dan di bawah lapis pondasi atas. Lapis pondasi bawah memiliki beberapa fungsi seperti yang dituliskan di bawah ini.
- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
 - b. Lapis peresapan agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
 - c. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
 - d. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari beban roda-roda alat berat akibat lemahnya daya dukung tanah dasar pada awal-awal pelaksanaan pekerjaan.
 - e. Lapis pelindung lapisan tanah dasar dari pengaruh cuaca terutama hujan.
3. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)
- Lapisan pondasi atas adalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan. Lapisan ini memiliki beberapa fungsi yang akan dijabarkan seperti di bawah ini.
- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban ke lapisan di bawahnya.

b. Bantalan terhadap lapisan permukaan.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi atas ini harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Dalam penentuan bahan lapis pondasi ini perlu dipertimbangkan beberapa hal, antara lain kecukupan bahan setempat, harga, volume pekerjaan dan jarak angkut bahan ke lapangan.

4. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Lapisan permukaan ini memiliki beberapa fungsi yang dapat dijabarkan seperti di bawah ini.

- a. Lapisan yang langsung menahan akibat beban roda kendaraan.
- b. Lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan (lapis aus).
- c. Lapisan yang mencegah air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan tersebut.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah sehingga dapat dipikul oleh lapisan di bawahnya.

Apabila diperlukan, dapat juga dipasang suatu lapis penutup atau lapis aus (*wearing course*) di atas lapis permukaan tersebut. Fungsi lapis aus ini adalah sebagai lapisan pelindung bagi lapis permukaan untuk mencegah masuknya air dan untuk memberikan kekesatan (*skid resistance*) permukaan jalan. Lapis aus tidak diperhitungkan ikut memikul beban lalu lintas.

Perkerasan lentur memiliki beberapa kelebihan yang dapat dijelaskan di bawah ini.

1. Permukaan jalan lebih halus, mulus dan tidak bergelombang sehingga enak dalam berkendara.
2. Warna hitam pada aspal mempengaruhi psikologi pengendara menjadi lebih teduh dan nyaman.
3. Untuk penggunaan pada jalan dengan lalu lintas kendaraan ringan, jalan aspal lebih murah dibandingkan dengan konstruksi jalan beton.
4. Proses perawatan lebih mudah karena tinggal mengganti pada area yang rusak saja, dengan cara mengganti dengan yang baru pada area jalan yang rusak.

Sedangkan kekurangan yang dimiliki oleh perkerasan lentur adalah sebagai berikut.

1. Tidak tahan terhadap genangan air, sehingga memerlukan saluran drainasi yang baik untuk proses pengeringan jalan aspal pasca hujan atau banjir.
2. Pada struktur tanah yang buruk harus dilakukan perbaikan tanah terlebih dahulu sebelum ditumpangi oleh konstruksi jalan aspal.

3.2 Agregat

3.2.1 Pengertian Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No: 1737-1989-F). Agregat adalah material granular, misalnya pasir, kerikil, batu pecah yang dipakai bersama-sama dengan suatu media pengikat untuk membentuk suatu beton semen hidraulik atau adukan.

Menurut Sukirman (2003) agregat merupakan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lain, baik yang berasal dari alam maupun buatan yang berbentuk mineral padat berupa ukuran besar maupun kecil atau fragmen-fragmen.

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90%-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75%-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain.

3.2.2 Peran Agregat

Agregat digunakan dalam berbagai macam kegiatan konstruksi. Dalam penggunaannya agregat memiliki peran penting yang dapat dijelaskan seperti di bawah ini.

1. Agregat digunakan sebagai campuran agregat dan aspal untuk lapis permukaan pada struktur perkerasan jalan (*asphalt bound material*).
2. Agregat digunakan sebagai lapis pondasi struktur perkerasan jalan tanpa penggunaan aspal (*unbound material*).

3. Agregat digunakan sebagai campuran dengan semen (PC) untuk lapis perkerasan kaku (*rigid pavement*).

3.2.3 Jenis dan Sifat Fisik Agregat

Menurut jenisnya agregat dibagi menjadi beberapa macam. Penjelasan mengenai jenis-jenis agregat akan dijabarkan di bawah ini.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar (*coarse aggregate*) biasa disebut juga kerikil sebagai hasil desintegrasi alami dari batuan atau berupa batu pecah yang diperoleh dari industri pemecah batu, dengan butirannya berukuran antara 4,76 mm-150mm. Agregat kasar harus terdiri dari butiran keras dan tidak berpori. Agregat kasar yang butirannya pipih hanya dapat dipakai jika jumlah butir-butir pipihnya tidak melampaui 20% berat agregat seluruhnya. Jenis agregat kasar secara umum adalah sebagai berikut.

- a. Batu pecah alami. Bahan ini didapat dari cadas atau batu pecah alami yang digali.
- b. Kerikil alami. Kerikil didapat dari proses alami, yaitu dari pengikisan tepi maupun dasar sungai oleh air sungai yang mengalir.
- c. Agregat kasar buatan, terutama berupa *slag* atau *shale* yang biasa digunakan untuk beton berbobot ringan.
- d. Agregat untuk pelindung nuklir dan berbobot berat, misalnya baja pecah, barit, magnetit dan limonit.

Untuk ketentuan agregat kasar menurut Bina Marga 2010 akan dipaparkan pada Tabel 3.1 di bawah ini.

Tabel 3. 1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks. 12 %
	Magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30%
		SNI 2417:2008	

Lanjutan Tabel 3.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
	500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Maks. 95%
Butir pecah pada agregat kasar		SNI 7619:2012	95/90
Partikel pipih pada agregat kasar		ASTM D4791 Perbandingan 1:5	Maks. 10%
Material lolos ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks. 2%

Sumber : Bina Marga (2010)

Umumnya sifat fisik agregat kasar diukur dari beberapa parameter seperti yang dijelaskan di bawah ini.

- a. *Bulk Specific Gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Untuk mengetahui nilai *Bulk Specific Gravity* dapat dicari dengan Persamaan 3.1 di bawah ini.

$$\text{Berat Jenis (Bulk Specific Gravity)} = \frac{B_k}{B_j - B_a} \quad (3.1)$$

dengan,

B_k = berat benda uji kering oven, (gram),

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, (gram),

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, (gram).

- b. *Saturated Surface Dry*, yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.

Untuk mengetahui nilai *Saturated Surface Dry* dapat dicari dengan Persamaan 3.2 di bawah ini.

$$\text{Saturated Surface Dry} = \frac{B_j}{B_j - B_a} \quad (3.2)$$

dengan,

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, (gram),

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, (gram).

- c. *Apparent Specific Gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat keadaan kering pada suhu tertentu.

Untuk mengetahui nilai *Apparent Specific Gravity* dapat dicari dengan Persamaan 3.3 di bawah ini.

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{B_k}{B_k - B_a} \quad (3.3)$$

dengan,

B_k = berat benda uji kering oven, (gram),

B_a = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air, (gram).

- d. Penyerapan, yaitu persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Untuk mengetahui nilai penyerapan dapat dicari dengan Persamaan 3.4 di bawah ini.

$$\text{Penyerapan} = \frac{B_j - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.4)$$

Dengan,

B_j = berat benda uji kering permukaan jenuh, (gram),

B_k = berat benda uji kering oven, (gram).

2. Agregat Halus

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

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

Untuk ketentuan agregat halus sendiri menurut Bina Marga 2010 akan dipaparkan pada Tabel 3.2 di bawah ini.

Tabel 3. 2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 60%
Angularitas dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45
Gumpalan Lempung dan Butir-Butir Mudah Pecah dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

Sumber : Bina Marga (2010)

Umumnya sifat fisik agregat kasar diukur dari beberapa parameter seperti yang dijelaskan di bawah ini.

- a. *Bulk Specific Gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu.

Untuk mengetahui nilai *Bulk Specific Gravity* dapat dicari dengan Persamaan 3.5 di bawah ini.

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{B_k}{B + 500 - B_t} \quad (3.5)$$

dengan,

B_k = berat benda uji kering oven, (gram),

B = berat piknometer berisi air, (gram),

B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram),

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, (gram).

- b. *Saturated Surface Dry*, yaitu perbandingan antara berat agregat kering permukaan jenuh dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suatu suhu tertentu.

Untuk mengetahui nilai *Saturated Surface Dry* dapat dicari dengan Persamaan 3.6 di bawah ini.

$$\text{Saturated Surface Dry} = \frac{500}{B + 500 - B_t} \quad (3.6)$$

dengan,

B = berat piknometer berisi air, (gram),

B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram),

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, (gram).

- c. *Apparent Specific Gravity*, yaitu perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat keadaan kering pada suhu tertentu.

Untuk mengetahui nilai *Apparent Specific Gravity* dapat dicari dengan Persamaan 3.7 di bawah ini.

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{B_k}{B + B_k - B_t} \quad (3.7)$$

dengan,

B_k = berat benda uji kering oven, (gram),

B = berat piknometer berisi air, (gram),

B_t = berat piknometer berisi benda uji dan air, (gram).

- d. Penyerapan, yaitu persentase berat air yang dapat diserap pori terhadap berat agregat kering.

Untuk mengetahui nilai penyerapan dapat dicari dengan Persamaan 3.8 di bawah ini.

$$\text{Penyerapan} = \frac{500 - B_k}{B_k} \times 100\% \quad (3.8)$$

dengan,

B_k = berat benda uji kering oven, (gram),

500 = berat benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh, (gram).

3.3 Aspal

3.3.1 Pengertian Aspal

Menurut Irianto (1988) dan Sukirman (1999) aspal beton adalah suatu bahan yang terdiri dari campuran antara batuan (agregat kasar dan agregat halus) dengan bahan ikat aspal yang mempunyai persyaratan tertentu, dimana kedua material sebelum dicampur secara homogen harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut sebagai *hot mix*. Semua pekerjaan pencampuran *hot mix* dilakukan di pabrik pencampur yang disebut sebagai *Asphalt Mixing Plant (AMP)*.

Menurut *The Blue Book-Building & Construction* (2009) aspal terbuat dari minyak mentah, melalui proses penyulingan atau dapat ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersamaan dengan material lain. Aspal dapat pula diartikan sebagai bahan pengikat pada campuran beraspal yang terbentuk dari senyawa-senyawa kompleks seperti *Asphaltene*, *Resins* dan *Oils*. Aspal mempunyai sifat visko-elastis tergantung dari waktu pembebanan.

Menurut Sukirman (2012), aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan berfungsi sebagaimana yang tertulis di bawah ini.

1. Sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dengan agregat dan antara sesama aspal.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir agregat dalam pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri.

3.3.2 Karakteristik Aspal

Aspal memiliki dua *rheology properties*, yaitu *thermoplastic* dan *visco-elastic*. Sifat aspal yang dapat menjadi lunak/cair apabila dipanaskan disebut *thermoplastic*. *Rheology* aspal didefinisikan sebagai pengetahuan yang berkaitan dengan peristiwa deformasi dan *flow*. *Asphaltene* merupakan unsur utama dalam aspal. Ikatan antara ketiga molekulnya, yaitu *asphaltene*, *oil*, dan *resin* akan menurun ketika terjadi gaya geser. Dengan adanya gaya geser pada bitumen, maka struktur bitumen akan berubah bergerak atau mengalir yang disebut *flow*. Jika gaya geser dihilangkan, maka *flow* tersebut akan berhenti. Aspal memiliki bentuk struktur kimia yang kompleks dan memiliki tegangan permukaan antara molekul yang kemudian mengakibatkan adanya tahanan geser yang tinggi disebut *viscous*.

Penjelasan tentang karakteristik aspal akan dijabarkan di bawah ini.

1. Viskositas

Viskositas aspal dipengaruhi oleh suhu, lama pembebanan, dan waktu. Viskositas (kekentalan) aspal berubah-ubah, sesuai perubahan suhu. Ketika suhu tinggi, maka viskositas aspal rendah, begitu juga sebaliknya. Hal ini disebabkan oleh energi termal meningkat dan melarutkan *asphaltene* ke dalam *oils*.

Semakin lama pembebanan, maka aspal yang semula bersifat elastik akan bersifat *viscous*. Lama pembebanan dipengaruhi oleh lalu lintas dengan kecepatan rendah atau sebaliknya.

Perubahan kekentalan sebanding dengan waktu, dan terjadi pada komposisi kimia yang tetap (*thixotropy*). Apabila aspal dibiarkan dalam keadaan tidak atau jarang mendapat beban, maka kekentalan aspal akan baik.

2. Kekakuan (*Stiffeness*)

Kekakuan aspal ditentukan oleh empat parameter, yaitu suhu permukaan perkerasan, temperatur pada *softening point*, *penetration index*, dan lama pembebanan.

Tingkat kekakuan aspal bergantung pada temperatur. Ketika temperatur tinggi, aspal akan sangat lembek bahkan cair sehingga mudah dibentuk, tetapi pada

suhu normal, aspal memiliki kekakuan yang tinggi, sehingga tidak mudah berubah bentuk,

Lama pembebanan dihitung berdasarkan kecepatan kendaraan dan panjang tapak kontak kendaraan dengan permukaan searah laju kendaraan.

3. Kekerasan (Penetrasi)

Aspal bersifat *thermoplastic*, yaitu tingkat konsistensi kekerasannya akan berubah seiring dengan perubahan suhu yang terjadi pada bahan tersebut. Ketika suhu meningkat hingga suhu tertentu (tergantung jenis aspal), maka tingkat kekerasannya akan menurun dan dalam keadaan dingin, kekerasannya akan meningkat.

Kekerasan aspal diukur dengan parameter penetrasi. Semakin besar nilai, penetrasinya berarti semakin lunak dan sebaliknya.

4. Kelekatan

Aspal yang baik memiliki tingkat kelekatan yang tinggi, sehingga mampu melekatkan agregat-agregat yang menjadi bahan perkerasan dengan baik sehingga tidak menjadi kerikil lepas.

Kelekatan baik (Hidropobik) biasanya terjadi pada jenis batuan di bawah ini.

- a. *Calcareous*
- b. *Lime stone*
- c. *Dolomit*

Sedangkan kelekatan buruk (Hidropilik) terjadi pada jenis batuan di bawah ini.

- a. *Silecious*
- b. *Acidic : 55% silica*

5. Daktilitas

Daktilitas merupakan nilai elastisitas bahan aspal, ataupun kemampuan aspal yang diukur melalui pengujian daktilitas. Nilai daktilitas aspal yang terlalu tinggi akan menyebabkan aspal terlalu elastis sehingga kurang baik dan sebaliknya dengan nilai daktilitas terlalu rendah dapat menyebabkan aspal mudah retak.

6. Kelarutan (*Solubility*)

Kelarutan merupakan perbandingan antara berat zat terlarut dalam pelarut organik dengan berat total benda uji yang dinyatakan dalam persen. Dalam aspal sendiri kelarutan dimaksudkan untuk mengetahui kemurnian aspal atau menentukan kadar aspal yang larut dalam karbontetra klorida (CCL_4 atau bensin). Nilai kelarutan aspal yang tinggi pada bensin menyebabkan kualitas aspal menjadi buruk. Syarat kemurnian aspal mengikuti AASHTO T44-81 adalah lebih dari 99,5%.

7. Lama Pembebanan (*Loading Time*)

Lama pembebanan yaitu waktu dimana ban kendaraan menyentuh permukaan perkerasan saat lewat di atasnya. Dengan demikian, tergantung dari kecepatan beban (V). Semakin lama pembebanan, aspal akan lebih bersifat *viscous*.

8. Kepekaan terhadap Suhu

Aspal adalah bahan yang visko-elastis, yaitu pada temperatur di atas $100^{\circ}C$ menunjukkan bahan yang bersifat viskos, sedangkan pada temperatur dibawah sekitar $-10^{\circ}C$ berperilaku sebagai bahan yang bersifat elastis dan pada temperatur diantara $-10^{\circ}C$ sampai $100^{\circ}C$ berperilaku sebagai bahan yang bersifat kental dan elastis. Dengan demikian, sifat aspal pada suatu waktu tertentu tergantung pada temperaturnya.

Laju perubahan viskositas atau konsistensi aspal oleh perubahan temperatur pada setiap aspal berbeda-beda, tergantung pada asal, tipe, dan metode pemrosesan aspal. Semakin besar perubahan viskositas aspal oleh setiap derajat kenaikan temperatur, maka semakin peka aspal tersebut terhadap suhu. Salah satu metode untuk mengukur kepekaan aspal terhadap perubahan suhu adalah *Penetration Index* (PI). Nilai PI pada dasarnya ditentukan oleh dua nilai penetrasi pada temperatur yang berbeda.

3.3.3 Syarat Aspal yang Digunakan sebagai Bahan Jalan

Aspal yang digunakan untuk struktur perkerasan jalan haruslah memiliki beberapa karakteristik tertentu untuk membangun jalan yang dapat melayani pengguna dengan baik. Untuk itu karakteristik yang dibutuhkan akan dijelaskan di bawah ini.

1. Mempunyai kekakuan (*stiffness*) dan kekerasan (*penetration*) yang cukup.
2. Mempunyai sifat mudah dikerjakan (*workability*).
3. Mempunyai kuat tarik (*tensile strength*) dan adesi yang cukup.
4. Mempunyai daya tahan terhadap perubahan cuaca.

Ketentuan aspal yang digunakan juga ada pada Bina Marga 2010 seperti yang dipaparkan pada Tabel 3.3 di bawah ini.

Tabel 3. 3 Ketentuan-Ketentuan untuk Aspal Keras

No.	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
1.	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 06-2456-1991	60 – 70
2.	Viskositas Dinamis 60°C (Pa. s)	SNI 06-6441-2000	160 – 240
3.	Viskositas Kinematis 135°C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300
4.	Titik Lembek (°C)	SNI 2343:2011	≥ 48
5.	Daktilitas (cm)	SNI 2432:2011	≥ 100
6.	Titik Nyala (°C)	SNI 2433:2011	≥ 232
7.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	AASHTO T44-03	≥ 99
8.	Berat Jenis	SNI 2441:2011	≥ 1,0

Sumber : Bina Marga 2010

3.4 Reclaimed Asphalt Pavement (RAP)

RAP (*Reclaimed Asphalt Pavement*) adalah limbah sisa perkerasan jalan yang telah rusak atau habis umur rencananya. RAP umumnya digunakan untuk perkerasan dengan metode pencampuran dingin. Namun untuk dapat digunakan sebagai bahan perkerasan baru, RAP memiliki kendala dalam hal kualitas. Agar kualitas dari campuran RAP ini mendekati atau bahkan lebih baik dari kualitas campuran aspal konvensional adalah dengan memperbaiki propertis dari RAP tersebut. Perbaikan propertis dari RAP ini bisa dengan penambahan *filler*, bahan peremaja, agregat baru, aspal baru atau dengan penambahan bahan tambah lainnya.

3.5 Bahan Peremaja Campuran

Pada material bekas pakai pastilah mengalami penurunan performa karena sudah mengalami lelah setelah digunakan sebelumnya. Jika ingin kembali menggunakannya, maka harus dilakukan tindakan untuk mengembalikan sifat campuran agar mampu melayani pengguna jalan. Beberapa hal yang pernah dilakukan adalah melakukan penambahan kadar aspal, atau penambahan bahan

lain yang dapat mengembalikan sifat campuran menjadi sama dengan campuran sebelumnya.

Menurut Simanungkalit (1986) bercampurnya bahan peremaja dengan campuran aspal dan agregat akan menghasikan butiran bitumen yang telah mempunyai sifat-sifat yang diperlukan dalam fungsinya sebagai bahan ikat campuran aspal agregat, sebagai sifat yang dimiliki oleh bitumen dari aspal minyak.

Sementara menurut Bina Marga (1983) menyatakan bahwa bahan peremaja yang dapat digunakan harus berupa senyawa hidrokarbon yang mengandung *asphaltenes*, *resin*, dan *oil* dengan komposisi tertentu. Contohnya seperti *flux* asbuton dan minyak bakar.

Pada penelitian Nigen Chaidron dan Porot (2013) peremaja diwujudkan dalam campuran aspal baru dan minyak sawit yang disebut *rejuvenator agent*. Kedua material ini nantinya akan bersatu dengan aspal *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) dengan suhu tertentu sehingga aspal bisa melebur bersama dengan *rejuvenator agent* dan menjadi sebuah campuran dengan kualitas yang lebih baik dari sebelumnya.

3.6 Endapan *Crude Palm Oil*

Dari penelitian berjudul Penggunaan Produk Minyak Sawit untuk Memodifikasi dan Meremajakan Aspal oleh Hasanan bin Md. Nor, disarankan pencampuran aspal baru dan minyak kelapa sawit sebagai proses peremaja aspal. Minyak sawit dapat digunakan sebagai bahan peremaja aspal karena mengandung metilester yang merupakan zat mampu bakar (*flammable*). Minyak sawit mengandung sifat *oil* yang dapat membantu untuk meremajakan sifat aspal yang menempel pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP). Kandungan *oil* pada endapan *Crude Palm Oil* (CPO) jika digunakan pada kadar yang tepat dan dicampur dengan aspal baru sebagai *rejuvenating agent* akan membuat aspal yang menempel pada *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP) menjadi lebih lunak dan dapat tercampur rata sehingga dapat mengikat agregat, juga agar aspal dapat mengisi rongga-rongga yang terbentuk pada campuran tersebut.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Obyek dan Subyek Penelitian

Obyek yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah RAP yang diambil dari ruas jalan Tanjung-Entikong, Kalimantan Barat yang sudah mencapai umur rencana. Nantinya RAP dengan kadar tertentu akan dicampur dengan material baru untuk menciptakan sebuah campuran yang membantu kinerja struktur perkerasan jalan agar menjadi lebih baik.

4.2 Data dan Metode Pengumpulan Data

Untuk pengambilan data akan dilakukan secara primer melalui uji laboratorium. Beberapa metode yang akan dilakukan dalam penelitian ini akan dijelaskan di bawah ini.

4.2.1 Melakukan Ekstraksi Aspal

Setelah didapatkan campuran perkerasan bekas pakai yang akan digunakan, hal yang dilakukan adalah memisahkan agregat yang melekat pada aspal dan memeriksa kadar aspal yang terdapat pada agregat bekas pakai dengan dilakukan ekstraksi. Peralatan yang diperlukan untuk melakukan uji tersebut dapat dijabarkan di bawah ini.

1. *Reflux Extractor Glass.*
2. Pelat pemanas.
3. Kertas Saring.
4. Selang untuk mengalirkan air ke tempat penguapan ekstraksi.
5. Gelas ukur.
6. Timbangan/
7. Talam.
8. Oven.

Untuk gambar alat pengujian ekstraksi aspal dapat dilihat pada Lampiran 2. Sementara bahan yang digunakan untuk dilakukan ekstraksi adalah RAP

(*Reclaimed Asphalt Pavement*) yang di ambil dari ruas jalan Tanjung – Entikong, Kalimantan Barat.

Setelah disiapkan peralatan dan bahan, maka pengujian dapat dilakukan sesuai dengan langkah-langkah di bawah ini.

1. Mempersiapkan alat uji untuk ekstraksi.
2. Menimbang kertas *filler* sebelum digunakan pada pengujian.
3. Mengisi tabung *reflux extraction* dengan cairan.
4. Membentuk kertas *filler* seperti kerucut dan memasukkan agregat ke dalam kerucut tersebut yang diletakkan pada saringan.
5. Memastikan kerucut yang berisi benda uji diletakkan dengan rapi dan baik sebelum dimasukkan kedalam tabung *reflux* supaya pada saat pengujian atau pembongkaran benda uji tidak ada yang jatuh atau hilang.
6. Mengatur posisi selang yang mengalirkan air langsung dari keran air yang tersedia di laboratorium dan diletakkan mangkuk penguapan diatas tabung *reflux extraction*.
7. Meletakkan tabung *reflux extraction* di atas pelat pemanas.
8. Melakukan pengujian hingga warna pelarut menjadi jernih. Biasanya diperlukan waktu 24 jam pengujian.
9. Mematikan alat pemanas dan menunggu hingga tabung cukup dingin, kemudian mengeluarkan benda uji dari tabung *reflux extraction*.
10. Menimbang benda uji dan kertas *filler*.

4.2.2 Mengambil Material Uji

Dalam penelitian ini dibutuhkan RAP yang di ambil dari perkerasan jalan yang sudah mencapai umur rencana, yaitu kurang lebih lima tahun. Untuk agregat yang bersumber dari limbah struktur perkerasan, dicari yang kondisinya memang sudah butuh rekonstruksi, dengan kata lain sudah terlihat berlubang dan akan dilakukan pembongkaran sebelum dilakukan perbaikan. Gambar dari RAP yang akan digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4. 1 Limbah Campuran Aspal dan Agregat

Selain itu, penelitian ini juga menggunakan aspal baru dengan penetrasi 60/70 dan juga memerlukan CPO (*Crude Palm Oil*) sebagai bahan peremaja untuk limbah aspal. Gambar material uji yang digunakan, seperti RAP dan CPO dicantumkan pada Lampiran 1.

4.2.3 Melakukan *Remoulding* pada Limbah Campuran Aspal dan Agregat

Melakukan *remoulding* maksudnya adalah mencetak ulang campuran aspal dari material yang akan di uji dengan cara dipanaskan terlebih dahulu, kemudian dicetak ulang kemudian dilakukan pengujian *Marshall* untuk mengetahui efektivitas campuran apakah perlu dilakukan tindakan penambahan campuran atau tidak. Kegiatan ini tidak menggunakan bahan peremaja sama sekali, dengan tujuan untuk melihat kekuatan asli dari limbah campuran tersebut.

Untuk pekerjaan ini dilakukan langkah-langkah seperti di bawah ini.

1. Meletakkan limbah campuran aspal dan agregat di dalam panci pencampur, aduk hingga aspal mencair.
2. Mengaduk dengan cepat pada suhu yang sudah ditentukan agar agregat terlapis merata.
3. Setelah aspal dan agregat tercampur merata, masukkan campuran tersebut ke alat cetakan.
4. Menunggu hingga mengeras dan rendam dalam air selama 24 jam.
5. Melakukan pengujian *Marshall* untuk mengetahui berapa kekuatan *existing* dari limbah campuran tersebut.

4.2.4 Melakukan Pengujian pada Aspal

Untuk mengetahui karakteristik dari aspal yang terkandung dalam agregat bekas pakai tersebut, dilakukan beberapa pengujian yang seperti di bawah ini.

1. Uji Penetrasi Aspal (SNI 06-2456-1991)
2. Uji Berat Jenis Aspal (SNI 2441:2011)
3. Pemeriksaan Titik Lembek pada Aspal (SNI 2434:2011)
4. Pemeriksaan Kelarutan Aspal (RSNI M 12-2004)
5. Uji Daktilitas pada Aspal (SNI 2441:2011)

Untuk gambar alat pengujian diatas dapat dilihat pada Lampiran 3, Lampiran 4, Lampiran 5, dan Lampiran 6.

4.2.5 Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan pembagian butir (gradasi) agregat halus dan kasar dengan menggunakan saringan. Untuk melakukan pengujian ini, digunakan alat-alat sebagai berikut.

1. Timbangan dan neraca dengan ketelitian 0,2% dari berat benda uji.
2. Satu set saringan.
3. Oven yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
4. Alat pemisah contoh.
5. Mesin pengguncang saringan.
6. Talam.
7. Kuas, sikat kuningan, sendok, dan alat-alat lainnya.

Sementara itu, bahan yang digunakan untuk melakukan pengujian ini adalah campuran agregat halus dan agregat kasar. Setelah peralatan dan bahan siap, maka pengujian dilakukan dengan langkah seperti berikut.

1. Mengeringkan benda uji di dalam oven dengan suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ sampai beratnya tetap.
2. Menyaring benda uji lewat susunan saringan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas.
3. Mengguncangkan saringan dengan tangan atau mesin pengguncang selama 15 menit.

4.2.6 Pengujian Sifat Fisik Agregat

Sebelum dilakukan pencampuran aspal dan agregat, perlu dilakukan pengujian sifat fisik agregat untuk mengetahui apakah agregat bekas pakai masih layak untuk digunakan lagi atau perlu ditambahkan zat lain untuk mengembalikan sifat agregat agar dapat melayani pengguna jalan. Beberapa pengujian yang dilakukan adalah seperti yang tercantum di bawah ini.

1. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar (SNI 03-1969-2008)
2. Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Halus (SNI 03-1969-2008)
3. Pengujian Keausan Agregat (SNI 2417:2008)
4. Pengujian *Sand Equivalent* (SNI 03-4428-1997)

Untuk alat dan bahan pengujian di atas dapat dilihat pada Lampiran 7, Lampiran 8, Lampiran 9, dan Lampiran 10.

4.2.7 Membuat Campuran Aspal dengan Metode *Marshall*

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Ketahanan (stabilitas) ialah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pound. Sedangkan kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam bentuk mm atau 0,01”.

Untuk melakukan pengujian ini digunakan peralatan sebagai berikut.

1. Cetakan benda uji berbentuk silinder, lengkap dengan pelat atas dan leher sambung.
2. Alat untuk mengeluarkan benda uji. Untuk benda uji yang sudah dipadatkan dari dalam cetakan benda uji, dipakai sebuah alat ejektor.
3. Penumbuk yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder.
4. Landasan pemadat terdiri dari balok kayu yang dilapisi dengan pelat baja dan dikaitkan pada lantai beton dengan empat bagian siku.
5. Panci untuk memanaskan agregat, aspal, dan campuran aspal.
6. Pengukur suhu dari logam (*metal thermometer*) berkapasitas 250°C dan 100°C dengan ketelitian 0,5 atau 1% dari kapasitas.

7. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.
8. Kompor.
9. Sarung asbes dan karet.
10. Sendok pengaduk dan perlengkapan lain.

Sementara itu, untuk membuat benda uji dilakukan langkah-langkah berikut ini.

1. Persiapan benda uji.
 - a. Mengeringkan agregat hingga beratnya tetap pada suhu $(110 \pm 5)^{\circ}\text{C}$.
 - b. Memisahkan agregat dengan cara penyaringan kering ke dalam fraksi-fraksi yang dikehendaki.
2. Penentuan suhu pencampuran dan pemadatan.

Suhu pencampuran dan pemadatan ditentukan sehingga bahan pengikat yang dipakai menghasilkan viskositas seperti Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 Viskositas Penentuan Suhu

Bahan Pengikat	Campuran			Pemadatan		
	Kinematik	Saybolt Furol	Engler	Kinematik	Saybolt Furol	Engler
	C.St	Det.S F		C.St	Det.S F	
Aspal Panas	170 ± 20	85 ± 10		280 ± 30	140 ± 15	
Aspal Dingin	170 ± 20	85 ± 10		280 ± 30	140 ± 15	
Tar			25 ± 3			40 ± 5

3. Persiapan campuran.
 - a. Memanaskan panci pencampur beserta agregat kira kira 28°C diatas suhu pencampur untuk aspal panas dan tar. Aduk hingga merata. Untuk aspal dingin pemanasan sampai suhu 14°C diatas suhu pencampuran.
 - b. Menuangkan aspal sebanyak yang dibutuhkan ke dalam agregat yang sudah dipanaskan.
 - c. Mengaduk dengan cepat pada suhu yang sudah ditentukan agar agregat terlapis merata.

4. Pemadatan benda uji.

- a. Membersihkan perlengkapan cetakan benda uji serta bagian muka penumbuk.
- b. Memanaskan sampai suhu antara $93,3^{\circ}\text{C}$ dan $148,9^{\circ}\text{C}$.
- c. Meletakkan selembar kertas kering atau kertas penghisap yang sudah digunting menurut ukuran cetakan ke dalam dasar cetakan, kemudian memasukkan seluruh campuran ke dalam cetakan dan menusuk campuran keras-keras dengan spatula yang dipanaskan atau mengaduk dengan sendok semen 15 kali keliling pinggirannya dan 10 kali di bagian dalamnya.
- d. Melepaskan lehernya, dan meratakan permukaan campuran dengan sendok semen menjadi bentuk yang sedikit cembung.
- e. Memadatkan campuran sesuai suhu yang sudah ditentukan.
- f. Meletakkan cetakan di atas landasan pematat, dalam pemegang cetakan.
- g. Melakukan pemadatan dengan alat penumbuk sebanyak 75 kali dengan tinggi jatuh 45 cm. Selama pemadatan tahanlah agar sumbu palu pematat selalu tegak lurus pada alas cetakan.
- h. Melepaskan keping alas dan lehernya, kemudian membalikkan alat cetak berisi benda uji dan memasangnya kembali perlengkapannya.
- i. Melakukan pemadatan dengan jumlah tumbukan yang sama dengan sisi sebelumnya.
- j. Setelah melakukan pemadatan, melepaskan keping alas dan memasang alat pengeluar benda uji pada permukaan ujung.
- k. Mengeluarkan dan meletakkan benda uji di atas permukaan rata yang halus, kemudian dibiarkan selama hingga kira-kira 24 jam pada suhu ruang.

Setelah benda uji siap, maka dilakukan pemeriksaan benda uji dengan langkah-langkah seperti di bawah ini.

1. Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel.
2. Memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji.
3. Mengukur tinggi benda uji dengan ketelitian 0,1 mm.
4. Menimbang benda uji (berat kering).
5. Merendam dalam air kira-kira 24 jam pada suhu ruang.

6. Menimbang dalam air untuk mendapatkan isi.
7. Menimbang benda uji dalam kondisi kering permukaan jenuh.

4.2.8 Penambahan Bahan Peremaja

Endapan *Crude Palm Oil* (CPO) menjadi pilihan bahan peremaja bitumen pada penelitian ini. Untuk penambahan bahan peremaja dilakukan 5 (lima) kali *trial* yang pada tiap percobaannya digunakan bahan peremaja dengan kadar yang berbeda untuk mengetahui berapa kadar peremaja yang tepat untuk mengembalikan sifat bitumen.

Menurut Nigen-Chaidron dkk. (2008), penambahan 3% dari minyak sawit ke bitumen dengan penetrasi 60/70 menghasilkan nilai viskositas yang lebih tinggi dari sebelumnya. Nilai viskositas mengalami penurunan jika kadar aspal bertambah. Dari percobaan tersebut, dalam penelitian ini menggunakan kadar peremaja sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, dan 6% terhadap kadar aspal baru yang ditambahkan.

Untuk penambahan bahan peremaja dilakukan sesuai dengan percobaan Nigen-Chairdron dkk. (2008) sebagai berikut.

1. Memanaskan agregat hingga mencapai suhu 150°C.
2. Memanaskan bahan peremaja berupa campuran dari bitumen segar dan endapan *Crude Palm Oil* (CPO) sesuai kadar yang sudah ditentukan dan sudah sesuai dengan ketentuan di atas.
3. Mencampur kedua bahan yang dipanaskan kemudian diaduk hingga semua material tercampur merata.
4. Mencampurkan bahan tersebut dengan bahan RAP yang sudah dipanaskan hingga suhu 155°C kemudian aduk hingga merata.
5. Menambahkan agregat yang sudah dipanaskan.

4.2.9 Penentuan Nilai Kadar Aspal

Untuk peremaja minyak sawit menggunakan kadar sebanyak 0%, 2%, 3%, 4%, dan 6% dengan penggunaan kadar *Reclaimed Asphalt Pavement* sebesar 30%. Setelah itu dilakukan *trial* untuk menentukan Kadar Aspal Optimal (KAO) perkiraan dari Persamaan 4.1 seperti di bawah ini.

$$Pb = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\%FF) + \text{Konstanta} \quad (4.1)$$

dengan,

Pb = kadar aspal optimum perkiraan,

CA = agregat kasar tertahan saringan no. 8,

FA = agregat halus lolos saringan no. 8 dan tertahan no. 200,

FF = agregat halus lolos saringan no. 200, dan

Konstanta = 0,5 – 1.

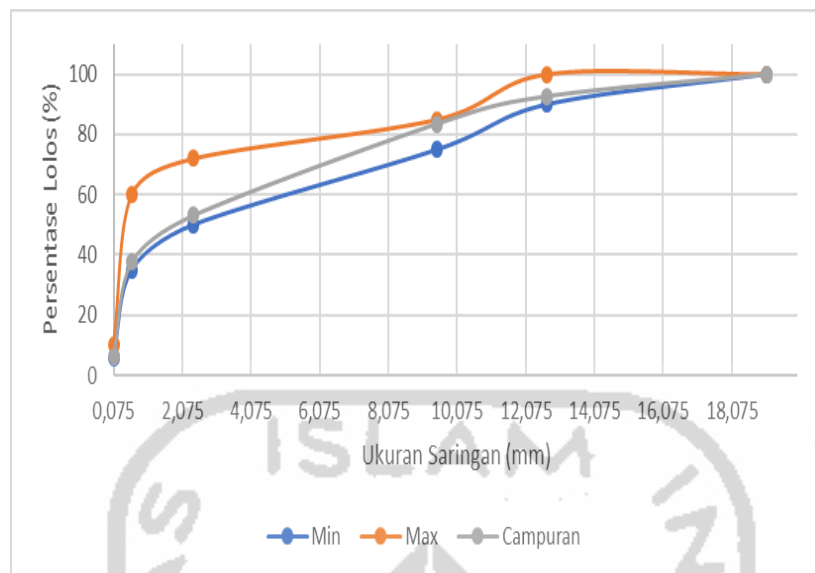
Dalam menentukan nilai kadar aspal optimum digunakan data gradasi agregat yang ditunjukkan pada Tabel 4.2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Gradasi Agregat yang Digunakan

Ukuran Saringan		Spesifikasi		Jumlah Persen	
inch	mm	Min	Max	Lolos	Tertahan
1	25,4				
3/4	19,1	100	0	100	0
1/2	12,7	90	100	91,89	8,11
3/8	9,5	75	85	84,13	7,76
No. 8	2,4	50	72	53,33	30,8
No. 30	0,6	35	60	35,94	17,39
No. 50	0,3	-	-	16,41	19,53
No. 200	0,075	6	10	6,26	10,15
Pan				0	6,26

Sumber : Bina Marga 2010

Gradasi gabungan antara agregat RAP dan agregat baru dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.



Gambar 4. 2 Gradasi Gabungan RAP dan Agregat Baru

Dari data yang didapatkan di atas, dapat dihitung kadar aspal optimum yang digunakan di pengujian in.

$$\begin{aligned}
 P_b &= 0,035 (30,8) + 0,045 (47,07) + 0,18 (6,06) + 0,5 \\
 &= 4,8\%
 \end{aligned}$$

Dari hasil perhitungan, dapat diketahui kadar aspal optimum yang digunakan adalah 4,8%. Dalam pengujian ini dilakukan 5 kali *trial* dengan masing – masing kadar aspal sebesar 3,8%, 4,3%, 4,8%, 5,3% dan 5,8% terhadap berat total campuran.

4.2.10 Perencanaan Campuran

Setelah mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang tepat, dilakukan penentuan persentase limbah agregat yang digunakan dalam campuran. Dalam penelitian ini, dilakukan *trial* dengan persentase kadar RAP sebesar 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100%. Nantinya akan dilakukan pemeriksaan gradasi untuk menentukan berapa banyak agregat yang akan digunakan. Untuk agregat baru nantinya akan ditambahkan material yang masih baru.

Untuk mengetahui kadar aspal pada RAP yang digunakan, dilakukan ekstraksi. Dari pengujian ekstraksi didapat kadar aspal yang terkandung dalam

RAP adalah 4,48%. Setelah mendapatkan kadar aspal RAP, komposisi campuran baru dapat dihitung.

Pada penelitian ini dibuat sampel aspal dengan berat 1.200 gram, dengan komposisi 30% RAP dan 70% aspal dan agregat baru. Untuk mengetahui berat aspal pada RAP dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Diketahui} & : \text{Kadar Aspal RAP} = 4,48\% \\ & \text{Kadar RAP} = 30\% \\ & \text{Berat RAP} = 30\% \times 1.200 \text{ gram} \\ & = 360 \text{ gram} \\ & \text{Berat aspal RAP} = 4,48\% \times 360 \text{ gram} \\ & = 16,14 \text{ gram} \end{aligned}$$

Setelah itu diketahui kadar aspal dengan campuran total sebesar 3,8%, maka dengan ini dapat dinyatakan berat total aspal pada campuran aspal adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal total} & = 3,8\% \times 1.200 \text{ gram} \\ & = 45,6 \text{ gram.} \end{aligned}$$

Karena sudah ada aspal sebanyak 16,14 gram pada kandungan RAP, maka penambahan aspal baru yang diperlukan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat aspal baru} & = 45,6 \text{ gram} - 16,14 \text{ gram} \\ & = 29,46 \text{ gram.} \end{aligned}$$

Sementara untuk banyaknya agregat baru yang ditambahkan dapat dihitung sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat yang dibutuhkan} & = 70\% \times 1.200 \text{ gram} \\ & = 840 \text{ gram} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat agregat yang ditambahkan} & = 840 \text{ gram} - 29,46 \text{ gram} \\ & = 810,54 \text{ gram} \end{aligned}$$

Untuk tambahan CPO sebesar 2%, persentase peremaja diambil dari berat aspal baru yang ditambahkan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{Berat peremaja} & = 2\% \times 29,46 \text{ gram} \\ & = 0,59 \text{ gram.} \end{aligned}$$

$$\text{Maka, berat aspal baru} = 29,46 \text{ gram} - 0,59 \text{ gram}$$

= 28,87 gram

Untuk komposisi campuran aspal untuk mengetahui nilai KAO akan dijabarkan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Rekapitulasi Komposisi Campuran Aspal untuk *Trial* KAO

Kadar Aspal (%)			Kadar Peremaja (%)				
			0	2	3	4	6
3,8	Berat RAP	gr	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
	Berat Aspal Baru	gr	29,46	28,87	28,57	28,28	27,69
	Berat Agregat Baru	gr	810,54	810,54	810,54	810,54	810,54
	Berat Peremaja	gr	0,00	0,59	0,88	1,18	1,77
4,3	Berat RAP	gr	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
	Berat Aspal Baru	gr	35,46	34,75	34,39	34,04	33,33
	Berat Agregat Baru	gr	804,54	804,54	804,54	804,54	804,54
	Berat Peremaja	gr	0,00	0,71	1,06	1,42	2,13
4,8	Berat RAP	gr	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
	Berat Aspal Baru	gr	41,46	40,63	40,21	39,80	38,97
	Berat Agregat Baru	gr	798,54	798,54	798,54	798,54	798,54
	Berat Peremaja	gr	0,00	0,83	1,24	1,66	2,49
5,3	Berat RAP	gr	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
	Berat Aspal Baru	gr	47,46	46,51	46,03	45,56	44,61
	Berat Agregat Baru	gr	792,54	792,54	792,54	792,54	792,54
	Berat Peremaja	gr	0,00	0,95	1,42	1,90	2,85
5,8	Berat RAP	gr	360,00	360,00	360,00	360,00	360,00
	Berat Aspal Baru	gr	53,46	52,39	51,85	51,32	50,25
	Berat Agregat Baru	gr	786,54	786,54	786,54	786,54	786,54
	Berat Peremaja	gr	0,00	1,07	1,60	2,14	3,21

Sementara untuk kebutuhan agregat di setiap *trial* KAO akan dijabarkan pada Tabel 4.5 , Tabel 4.6 , Tabel 4.7 , Tabel 4.8 , dan Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4. 4 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 3,8%

Ukuran Saringan	Persentase Tertahan RAP	Persentase Tertahan Agregat	Berat		Total gr
			RAP	Agregat Baru	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2	5,72	8,11	20,61	65,73	86,34
3/8	8,08	7,76	29,08	62,90	91,98
No. 8	31,46	30,80	113,25	249,65	362,89
No. 30	12,11	17,39	43,61	140,95	184,56
No. 50	21,04	19,53	75,74	158,30	234,03
No. 200	14,06	10,15	50,62	82,27	132,89
Pan	7,53	6,26	27,10	50,74	77,84
Total					1170,54

Tabel 4. 5 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 4,3%

Ukuran Saringan	Persentase Tertahan RAP	Persentase Tertahan Agregat	Berat		Total gr
			RAP	Agregat Baru	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2	5,72	8,11	20,61	65,25	85,86
3/8	8,08	7,76	29,08	62,43	91,51
No. 8	31,46	30,80	113,25	247,80	361,05
No. 30	12,11	17,39	43,61	139,91	183,52
No. 50	21,04	19,53	75,74	157,13	232,86
No. 200	14,06	10,15	50,62	81,66	132,28
Pan	7,53	6,26	27,10	50,36	77,47
Total					1164,54

Tabel 4. 6 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 4,8%

Ukuran Saringan	Persentase Tertahan RAP	Persentase Tertahan Agregat	Berat		Total gr
			RAP	Agregat Baru	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2	5,72	8,11	20,61	64,76	85,37
3/8	8,08	7,76	29,08	61,97	91,04
No. 8	31,46	30,80	113,25	245,95	359,20
No. 30	12,11	17,39	43,61	138,87	182,48

Lanjutan Tabel 4.7 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 4,8%

Ukuran Saringan	Persentase Tertahan RAP	Persentase Tertahan Agregat	Berat		Total gr
			RAP	Agregat Baru	
No. 50	21,04	19,53	75,74	155,96	231,69
No. 200	14,06	10,15	50,62	81,05	131,67
Pan	7,53	6,26	27,10	49,99	77,09
Total					1158,54

Tabel 4. 7 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 5,3%

Ukuran Saringan	Persentase Tertahan RAP	Persentase Tertahan Agregat	Berat		Total gr
			RAP	Agregat Baru	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2	5,72	8,11	20,61	64,28	84,88
3/8	8,08	7,76	29,08	61,50	90,58
No. 8	31,46	30,80	113,25	244,10	357,35
No. 30	12,11	17,39	43,61	137,82	181,43
No. 50	21,04	19,53	75,74	154,78	230,52
No. 200	14,06	10,15	50,62	80,44	131,06
Pan	7,53	6,26	27,10	49,61	76,72
Total					1152,54

Tabel 4. 8 Kebutuhan Agregat untuk Kadar Aspal 5,8%

Ukuran Saringan	Persentase Tertahan RAP	Persentase Tertahan Agregat	Berat		Total gr
			RAP	Agregat Baru	
1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3/4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1/2	5,72	8,11	20,61	63,79	84,40
3/8	8,08	7,76	29,08	61,04	90,11
No. 8	31,46	30,80	113,25	242,25	355,50
No. 30	12,11	17,39	43,61	136,78	180,39
No. 50	21,04	19,53	75,74	153,61	229,35
No. 200	14,06	10,15	50,62	79,83	130,45
Pan	7,53	6,26	27,10	49,24	76,34
Total					1146,54

4.2.11 Pengujian *Marshall* pada Aspal

Sebelum dilakukan pengujian pada mesin *Marshall*, disiapkan peralatan sebagai berikut.

1. Mesin tekan dengan kelengkapan sebagai berikut.
 - a. Kepala penekan berbentuk lengkung (*breaking head*).
 - b. Cincin penguji yang dilengkapi arloji tekan.
 - c. Arloji kelelahan dengan ketelitian 0,25 mm (0,01") dengan perlengkapannya.
2. Oven, yang dilengkapi dengan pengatur suhu untuk memanasi sampai $(200 \pm 3)^{\circ}\text{C}$.
3. Bak perendam (*waterbath*) dilengkapi dengan pengatur suhu minimum 20°C .
4. Timbangan yang dilengkapi penggantung benda uji berkapasitas 2 kg dengan ketelitian 0,1 gram dan timbangan berkapasitas 5 kg dengan ketelitian 1 gram.
5. Sarung tangan dari karet.

Sementara untuk melakukan pengujian dengan alat *Marshall*, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut.

1. Menimbang benda uji di dalam air untuk mendapatkan isi.
2. Mengeringkan benda uji dengan kain lap yang lembab sampai kering permukaan jernih (SSD).
3. Menimbang benda uji dalam kondisi SSD.
4. Merendam benda uji aspal panas atau benda uji tar dalam bak perendam selama 30 sampai pada suhu $60 \pm 1^{\circ}\text{C}$, atau dipanaskan di dalam oven selama 2 jam dengan suhu tetap $(60 \pm 1)^{\circ}\text{C}$, atau $(38 \pm 1)^{\circ}\text{C}$.
5. Sebelum melakukan pengujian, melakukan pembersihan batang penuntun (*guide rod*) dan permukaan dalam dari kepala penekan (*test head*). Lumasi batang penuntun sehingga kepala penekan yang atas dapat meluncur bebas, bila dikehendaki kepala penekan direndam bersama-sama benda uji pada suhu antara 21 sampai 38°C .
6. Mengeluarkan benda uji dari bak perendam atau dari oven dan meletakkan benda uji ke dalam segmen bawah kepala penekan. Pasang segmen atas di atas benda uji dan letakkan keseluruhannya dalam mesin penguji.

7. Memasang arloji kelelehan (*flow meter*) pada penunjuk pada angka nol, sementara selubung tangkai arloji (*sleeve*) dipegang teguh terhadap segmen atas kepala penekan (*breaking head*). Tekan tangkai arloji kelelehan tersebut pada segmen atas dari kepala penekan selama pembebanan berlangsung.
8. Menaikkan kepala penekan beserta benda uji sebelum diberikan pembebanan sehingga menyentuh alas cincin penguji. Atur kedudukan jarum arloji tekan pada angka nol.
9. Memberikan pembebanan kepada benda uji dengan kecepatan tetap sebesar 50 mm per menit sampai pembebanan maksimum tercapai, atau pembebanan menurun seperti yang ditunjukkan oleh jarum arloji tekan dan catat pembebanan maksimum yang tercapai (*stabilitas*) dan pada saat yang bersamaan catat pula angka pada arloji kelelehan (*flow*).
10. Melepaskan selubung tangkai arloji kelelehan (*sleeve*) pada setelah nilai kelelehan yang ditunjukkan oleh jarum arloji kelelehan dicatat. Waktu yang diperlukan saat benda uji diangkat dari rendaman air sampai tercapai beban maksimum tidak boleh melebihi 30 detik.

4.2.12 Uji *Cantabro* pada Aspal

Uji *Cantabro* dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sejauh mana ketahanan perkerasan aspal terhadap menahan gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan jalan. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan mesin *Los Angeles* tanpa menggunakan bola – bola baja. Keausan ini dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan sampel setelah 300 putaran terhadap berat semula sebelum dimasukkan kedalam mesin *Los Angeles*. Untuk gambar alat yang digunakan untuk pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Lampiran 12.

4.3 Jumlah dan Variasi Sampel Penelitian

Nantinya akan ada 3 (tiga) sampel pada setiap kadar peremaja dan *trial* Kadar Aspal Optimum perkiraan sehingga nanti akan ada 75 sampel yang akan diuji. Setelah mendapat nilai Kadar Aspal Optimum (KAO), nantinya dilakukan *trial* penambahan limbah agregat sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, sisa persentase dari berat total material tersebut adalah bitumen segar dengan penetrasi

60/70 dengan total sampel 75 buah benda uji. Untuk penjabaran lebih jelasnya akan dijelaskan pada Tabel 4.10 dan Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4. 9 Perkiraan Jumlah Uji untuk Mencari Nilai KAO

Kadar Aspal (%)	Kadar Peremaja (%)					Jumlah
	0%	2%	3%	4%	6%	
Trial KAO 1	3	3	3	3	3	15
Trial KAO 2	3	3	3	3	3	15
Trial KAO 3	3	3	3	3	3	15
Trial KAO 4	3	3	3	3	3	15
Trial KAO 5	3	3	3	3	3	15
Total						75

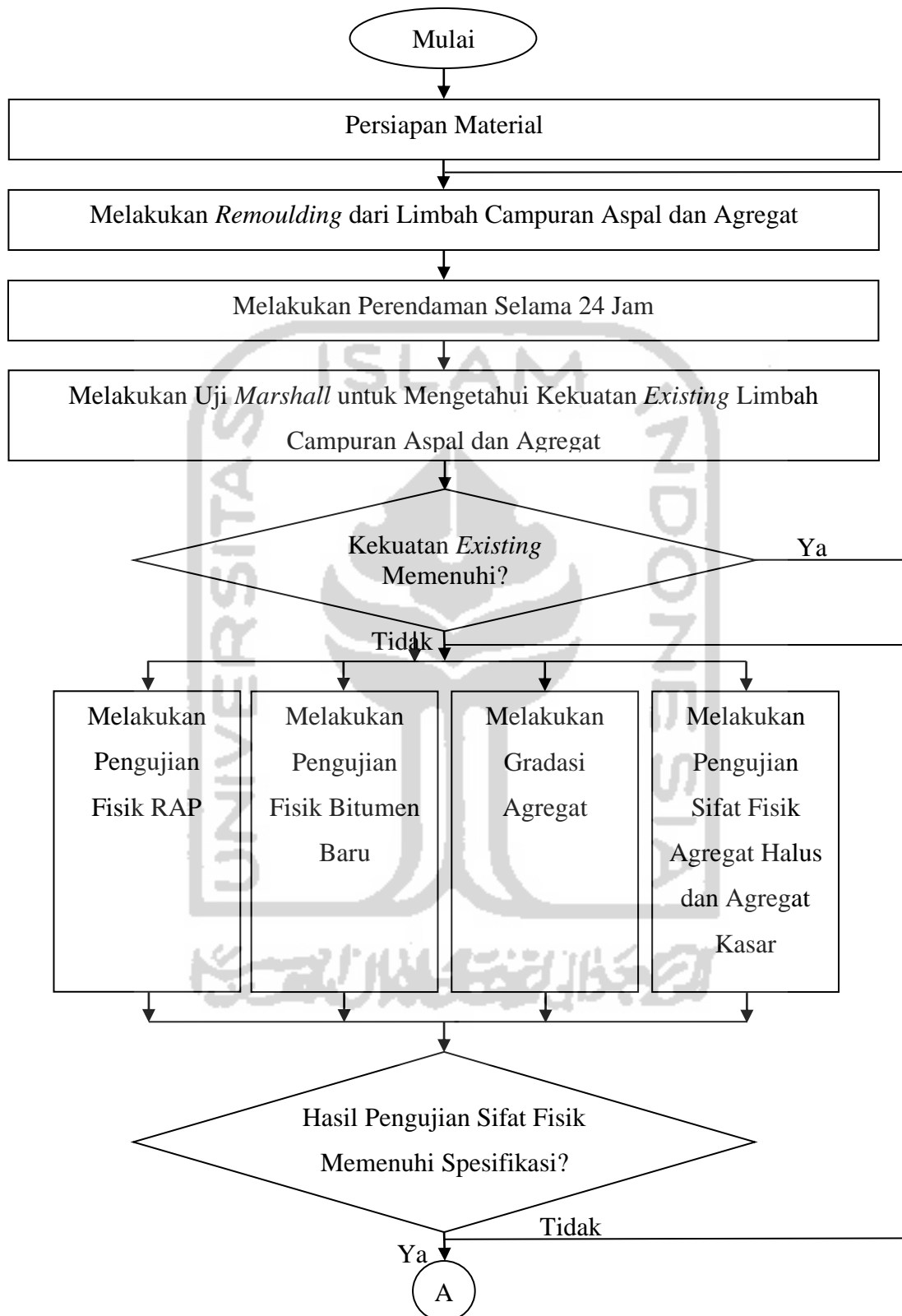
Tabel 4. 10 Perkiraan Jumlah Benda Uji untuk Mencari Persentase Limbah Agregat

Kadar Agregat (%)	Kadar RAP						Jumlah
	0%	25%	30%	25%	50%	100%	
Uji <i>Marshall</i>	3	3	3	3	3	3	18
Uji <i>Cantabro</i>	3	3	3	3	3	3	18
Total							36

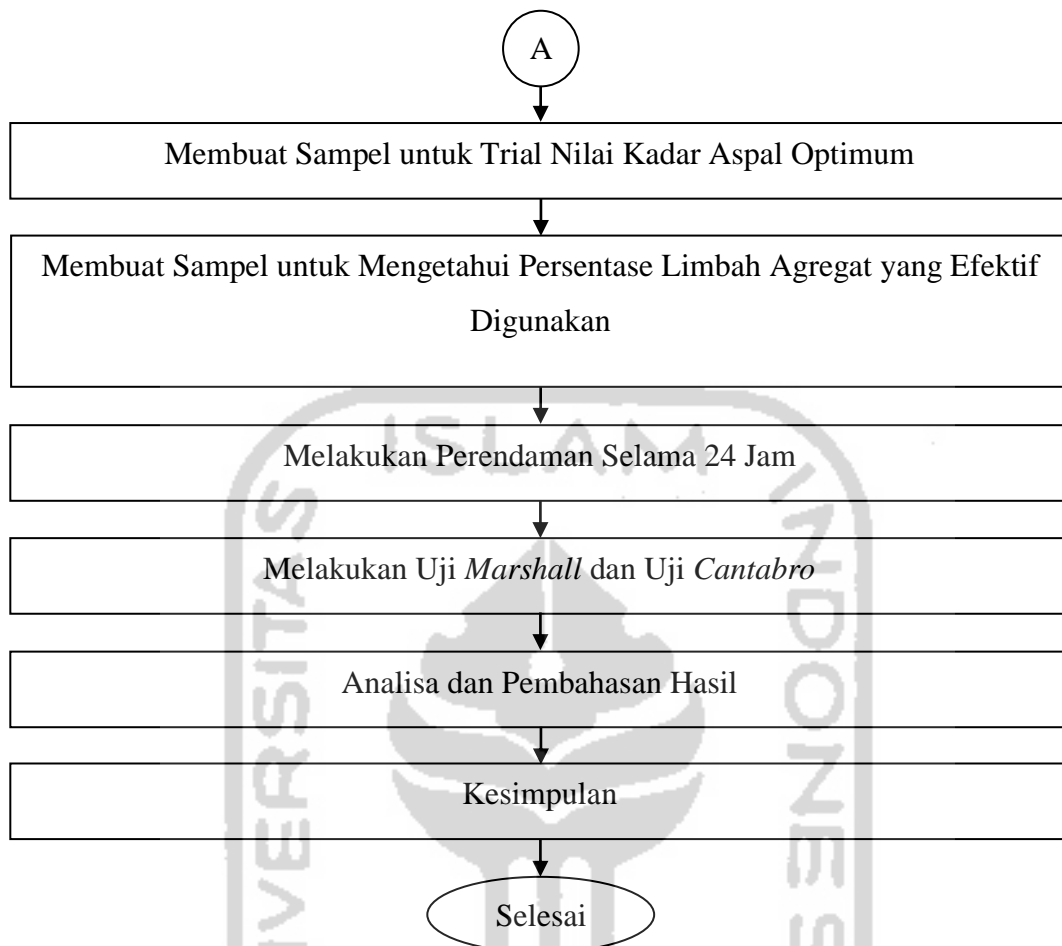
Dari tabel di atas, dapat disimpulkan benda uji yang digunakan dalam penelitian ini berjumlah 111 buah.

4.4 Diagram Alir (*Flowchart*)

Untuk langkah-langkah yang akan dilakukan pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Diagram Alir Penelitian



Lanjutan Gambar 4.3 Diagram Alir Penelitian

BAB V

ANALISIS DAN PEMBAHASAN DATA

5.1 Hasil Pengujian *Remoulding*

Dari hasil uji *Marshall* pada campuran *remoulding* didapat angka stabilitas sebesar 1569,52 kg, 1006,54 kg, dan 1057,72 kg dengan nilai *flow* masing-masing sebesar 5,1 mm, 3,7 mm, dan 5,4 mm. Dengan begitu didapat nilai rata-rata stabilitas sebesar 1211,26 kg dan rata-rata nilai *flow* sebesar 4,73 mm. Dengan demikian stabilitas campuran aspal masih memenuhi standar angka tersebut masih masuk spesifikasi Bina Marga 2010.

5.2 Hasil Pengujian Karakteristik Material Pengujian

Pengujian karakteristik material pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui apakah material yang digunakan memenuhi spesifikasi atau tidak sesuai dengan standar yang digunakan, yaitu Bina Marga 2010 Revisi 3. Beberapa pengujian yang digunakan adalah sebagai berikut.

1. Pengujian Aspal Pen 60/70, agregat halus, dan agregat kasar yang merupakan material baru dari campuran yang akan diujikan.
2. Pengujian agregat halus, agregat kasar, dan aspal yang didapat dari RAP yang berasal dari ruas jalan Tanjung-Entikong, Kalimantan Barat.

Pengujian ini dilakukan di Laboratorium UPT-LBK Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang Provinsi Kalimantan Barat.

5.2.1 Hasil Pengujian Aspal Pen 60/70

Berikut penjelasan terhadap hasil pengujian aspal Pen 60/70 yang telah dilakukan.

1. Penetrasi

Pengujian penetrasi dimaksudkan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal. Pengujian dilakukan pada suhu ruangan 25°C dengan beban jarum 50 gram, selama 5 detik. Nilai penetrasi diukur dari keadalaman masuknya jarum ke dalam aspal. Semakin besar nilai penetrasinya, maka aspal semakin lunak dan

begitu juga sebaliknya. Pada pengujian ini didapat nilai penetrasi sebesar 66 mm.

2. Berat Jenis

Berat jenis aspal atau biasa disebut Ter adalah perbandingan antara berat bitumen dan berat air dengan isi yang sama pada suhu tertentu. Pada pengujian ini didapat nilai benda uji sebesar 1,033.

3. Titik Lembek

Pengujian titik lembek dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C hingga 200°C. Titik lembek adalah suhu pada saat bola-bola baja dengan berat tertentu mendesak turun ke suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada ketinggian tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Pada pengujian ini didapat nilai titik lembek sebesar 53°C.

4. Kelarutan dalam Larutan TCE

Pengujian ini dimaksudkan untuk menentukan kadar aspal yang larut dalam larutan TCE. Pada pengujian ini didapatkan nilai 99,01% yang memenuhi spesifikasi yang digunakan, yaitu sebesar 99%.

5. Daktilitas

Pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui sifat kohesi aspal yaitu dengan mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antara dua cetakan yang berisi bitumen keras sebelum putus pada suhu 25°C dan kecepatan tarik tertentu. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar dapat mengikat butir-butir agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur. Pada pengujian ini didapatkan nilai daktilitas aspal sebesar 113,5 cm.

Untuk lebih lengkapnya hasil pengujian pada Aspal Pen 60/70 dapat dilihat pada Lampiran 13, Lampiran 14, Lampiran 15, Lampiran 16, dan Lampiran 17. Sementara untuk rekapitulasi hasil pengujian aspal dapat dilihat pada Tabel 5.1 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Penetrasi pada 25C ; 50 gr ; 5 detik	66	60-70	mm
2	Berat Jenis	1,033	≥ 1	-
3	Titik Lembek	53	≥ 48	c
4	Kelarutan dalam larutan TCE	99,01	≥ 99	%
5	Daktalitas pada 25C	113,5	≥ 100	cm

5.2.2 Hasil Pengujian Agregat Kasar

Berikut penjelasan terhadap hasil pengujian agregat kasar yang sudah dilakukan.

1. Berat Jenis Agregat Kasar

Berat jenis (*specific gravity*) merupakan perbandingan antara berat agregat kering dan berat air suling yang isinya sama dengan isi agregat dalam keadaan jenuh pada suhu tertentu. Berat jenis menentukan kebutuhan aspal yang digunakan dalam campuran. Semakin kecil berat jenis, maka semakin banyak pori yang terdapat pada material sehingga menyebabkan kebutuhan terhadap pemakaian aspal semakin tinggi, dan juga sebaliknya.

Hasil pengujian berat jenis agregat kasar adalah sebesar 2,657 yang mana angka tersebut memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Agregat Kasar

Penyerapan agregat kasar merupakan kemampuan agregat dalam menyerap air yang masuk melalui rongga ataupun pori yang terdapat padanya, artinya semakin besar pori atau rongga yang terdapat didalam agregat maka semakin besar kemampuan agregat dalam menyerap air. Hal ini berbanding lurus dengan kemampuannya dalam menyerap aspal sehingga aspal yang dibutuhkan dalam campuran semakin meningkat.

Dari hasil pengujian, didapatkan angka 0,74% yang mana angka tersebut memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu $< 3\%$.

3. Keausan Agregat Kasar

Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui ketahanan agregat dalam mesin *Los Angeles*. Besarnya keausan ditentukan berdasarkan perbandingan berat material lolos saringan No. 12 terhadap berat awal.

Dari hasil pengujian, didapatkan angka sebesar 21,03% yang mana angka ini memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu $< 40\%$.

Untuk lebih lengkapnya hasil pengujian Agregat kasar dapat dilihat pada Lampiran 18 dan Lampiran 19. Sementara untuk rekapitulasi hasil pengujian agregat kasar dapat dilihat pada Tabel 5.2 di bawah ini.

Tabel 5. 2 Rekapitulas Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Berat Jenis	2,657	$>2,5$	-
2	Penyerapan	0,74	<3	%
3	Keausan	21,03	<40	%

5.2.3 Hasil Pengujian Agregat Halus

Berikut merupakan penjelasan terhadap hasil pengujian agregat halus yang telah dilakukan.

1. Berat Jenis Agregat Halus

Tujuan dari pengujian berat jenis ini adalah untuk mengetahui perbandingan relatif berat volume agregat halus dengan berat volume air pada kondisi dan temperatur yang sama.

Dari hasil pengujian, didapat angka 2,64 yang mana angka tersebut memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu $> 2,5$.

2. Penyerapan Agregat Halus

Pengujian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kemampuan agregat halus dalam menyerap air yang masuk melalui pori atau rongga yang ada. Semakin besar nilai penyerapan maka semakin banyak aspal yang dibutuhkan dalam campuran, begitu pula sebaliknya.

Dari hasil pengujian, didapat angka sebesar 1,041% yang mana angka tersebut memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu $< 3\%$.

3. *Sand Equivalent*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kebersihan agregat halus terhadap kandungan lumpur, debu, atau kotoran lainnya. Apabila terlalu banyak kotoran pada agregat halus maka akan mempengaruhi kemampuan aspal untuk melekat dalam campuran.

Dari hasil pengujian, didapat angka sebesar 95,65% yang mana angka tersebut memenuhi spesifikasi yang digunakan yaitu $> 50\%$.

Untuk lebih lengkapnya hasil pengujian agregat halus dapat dilihat pada Lampiran 20 dan Lampiran 21. Sementara untuk rekapitulasi hasil pengujian pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.3 di bawah ini.

Tabel 5. 3 Rekapitulasi Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Berat Jenis	2,64	$>2,5$	-
2	Penyerapan	1,041	<3	%
3	<i>Sand Equivalent</i>	95,65	>50	%

5.2.4 Hasil Pengujian Aspal RAP

Berikut merupakan penjelasan terhadap hasil pengujian aspal RAP yang telah dilakukan.

1. Titik Lembek

Pengujian titik lembek dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C hingga 200°C. Titik lembek adalah suhu pada saat bola-bola baja dengan berat tertentu mendesak turun ke suatu lapisan aspal yang tertekan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh pelat dasar yang terletak di bawah cincin pada ketinggian tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu. Pada pengujian ini didapat nilai titik lembek sebesar 53°C.

2. Ekstraksi Aspal RAP

Pengujian ekstraksi dilakukan untuk mengetahui berapa banyak kadar aspal yang ada pada aspal RAP. Pada pengujian ini didapat kadar aspal pada RAP sebesar 4,48%.

Untuk hasil lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 2 dan Lampiran 22. Sementara untuk rekapitulasi hasil pengujian pada agregat halus dapat dilihat pada Tabel 5.4 di bawah ini.

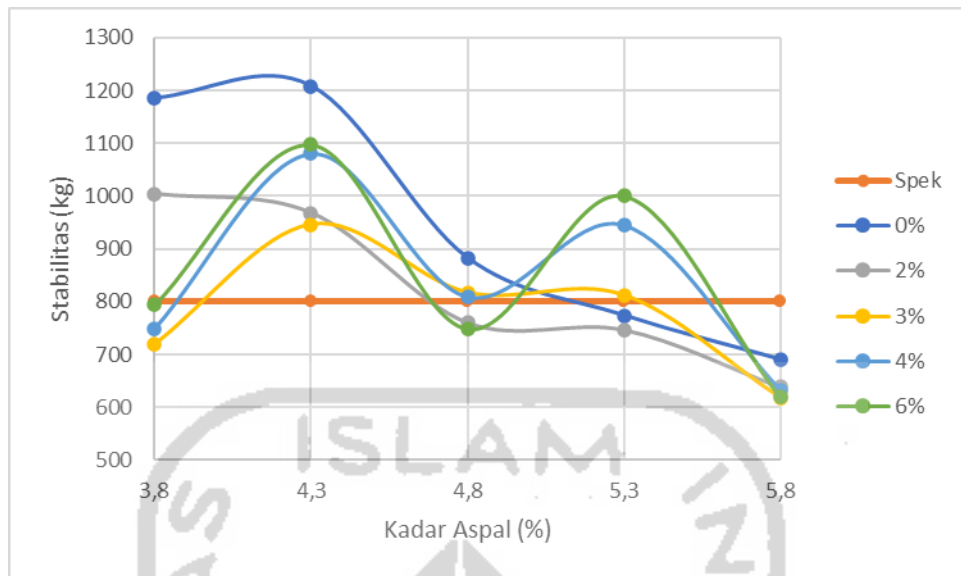
Tabel 5. 4 Rekapitulasi Pengujian Aspal RAP

No	Jenis Pengujian	Hasil Pengujian	Spesifikasi	Satuan
1	Titik Lembek	58,5	≥ 48	$^{\circ}\text{C}$
2	Ekstraksi	4,48		%

5.3 Hasil Pengujian *Marshall* untuk Nilai KAO

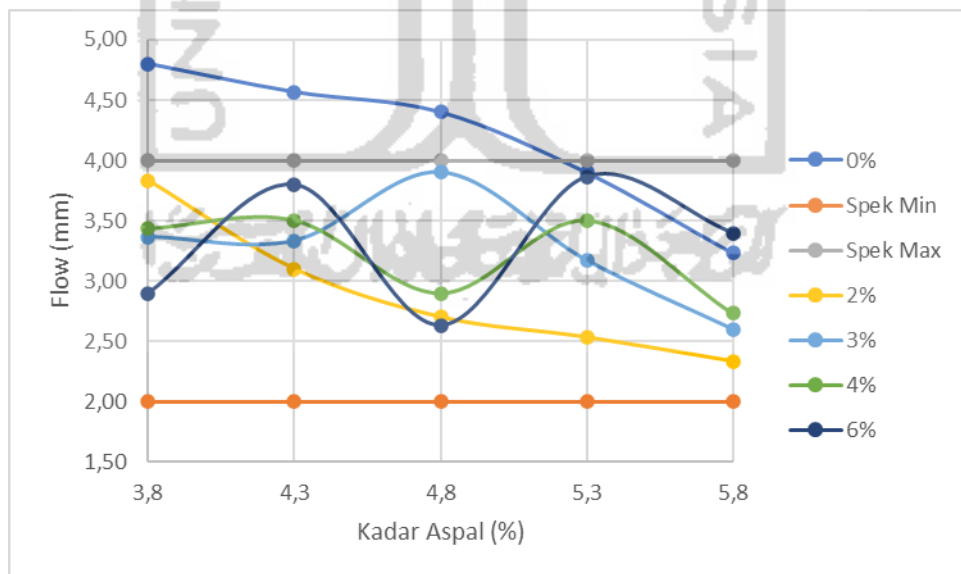
Dalam menentukan nilai KAO (Kadar Aspal Optimum) dilakukan uji *Marshall* yang dilakukan di Laboratorium Dinas PU, Provinsi Kalimantan Barat. Dilakukan *trial* kadar aspal sebanyak lima kali dengan masing masing lima kadar peremaja yang berbeda. Kadar peremaja yang digunakan adalah sebesar 0%, 2%, 3%, 4%, dan 6% terhadap

Dalam uji *Marshall* yang dilakukan, dibuat sampel dengan kadar RAP sebesar 30% dan kadar aspal serta agregat baru sebesar 70%. Komposisi ini merupakan komposisi yang telah ditulis oleh Nono (2016) jika menggunakan RAP pada sebuah campuran baru digunakan 25% jika tanpa bahan peremaja dan 30% jika dengan tambahan peremaja. Beberapa spesifikasi yang diperhatikan dalam pengujian ini adalah nilai stabilitas, *flow*, VITM, VFWA, VMA, MQ dan *density*. Berikut adalah grafik masing-masing karakteristik hasil pengujian *Marshall* yang sudah dilakukan pada Gambar 5.1, Gambar 5.2, Gambar 5.3, Gambar 5.4, Gambar 5.5, Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 di bawah ini.



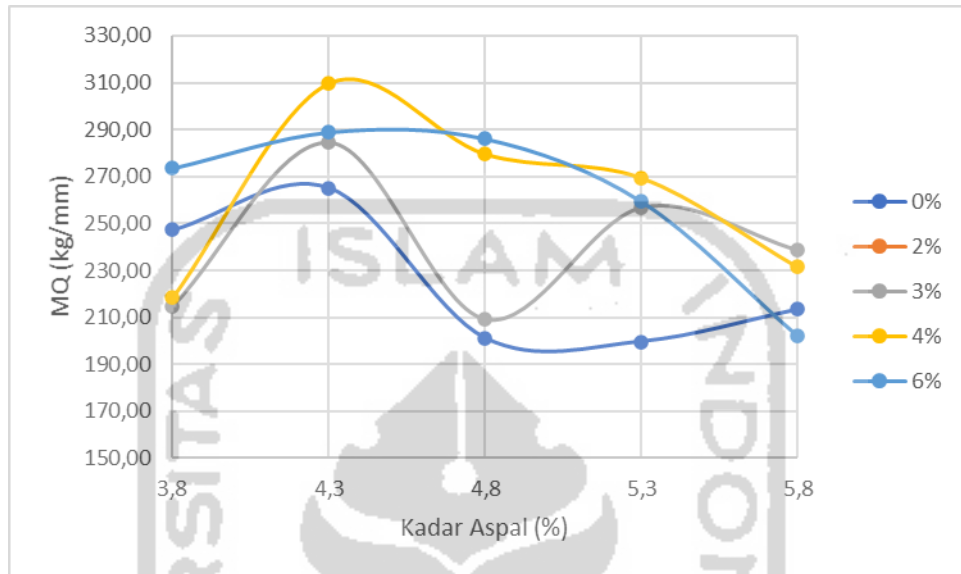
Gambar 5. 1 Grafik Hubungan Stabilitas dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa pada kadar aspal 4,3% dengan kadar peremaja 0%, campuran memiliki stabilitas yang paling tinggi, sementara campuran dengan kadar aspal 5,8% dan kadar peremaja 3% memiliki stabilitas yang paling rendah.



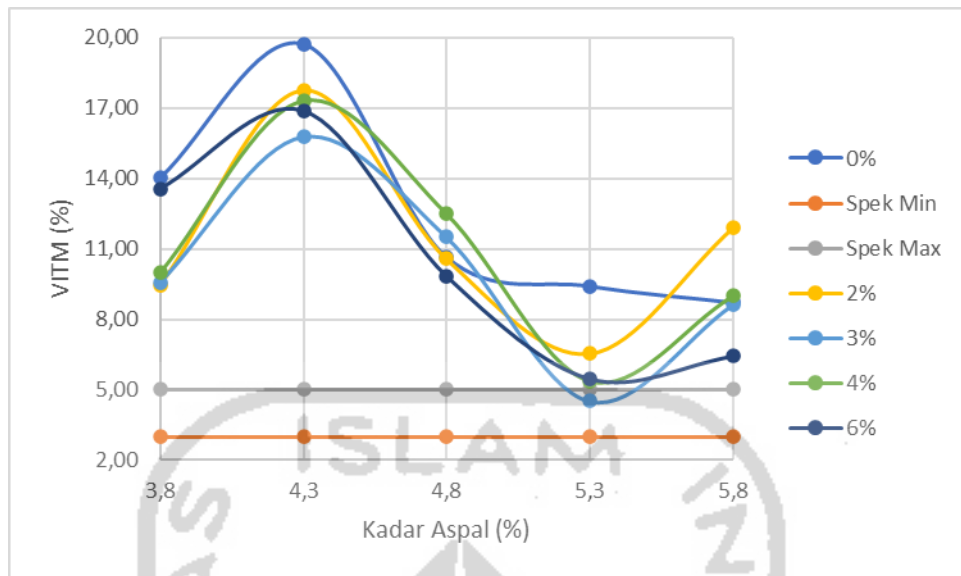
Gambar 5. 2 Grafik Hubungan Flow dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa penambahan peremaja dapat mempengaruhi angka *flow* pada campuran. Campuran memiliki nilai *flow* yang sesuai dengan spesifikasi setelah ditambahkan bahan peremaja.



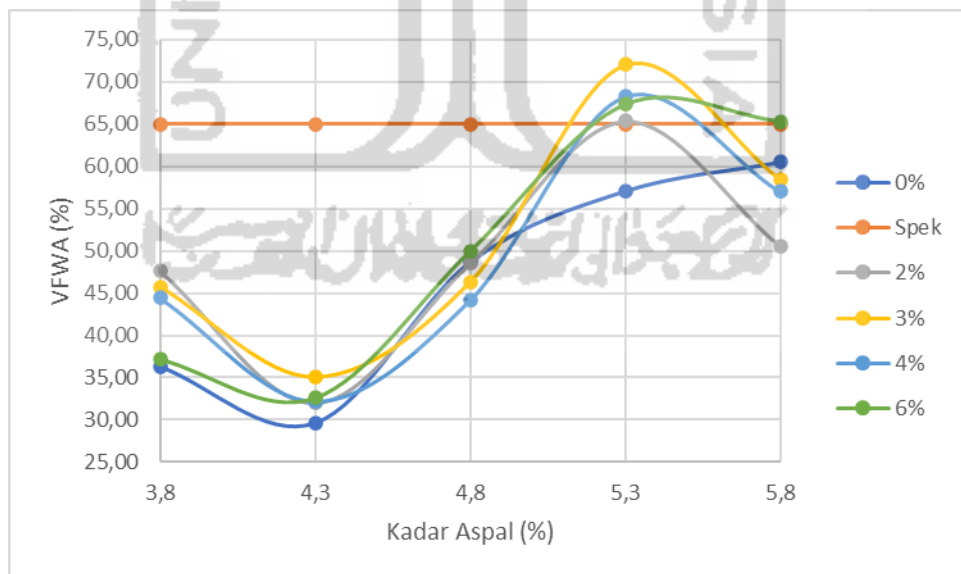
Gambar 5. 3 Grafik Hubungan MQ dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa campuran dengan kadar aspal 4,3% dan kadar peremaja 4% memiliki fleksibilitas yang paling rendah. Sementara campuran dengan kadar aspal 5,3% dan kadar peremaja 0% memiliki fleksibilitas yang paling tinggi.



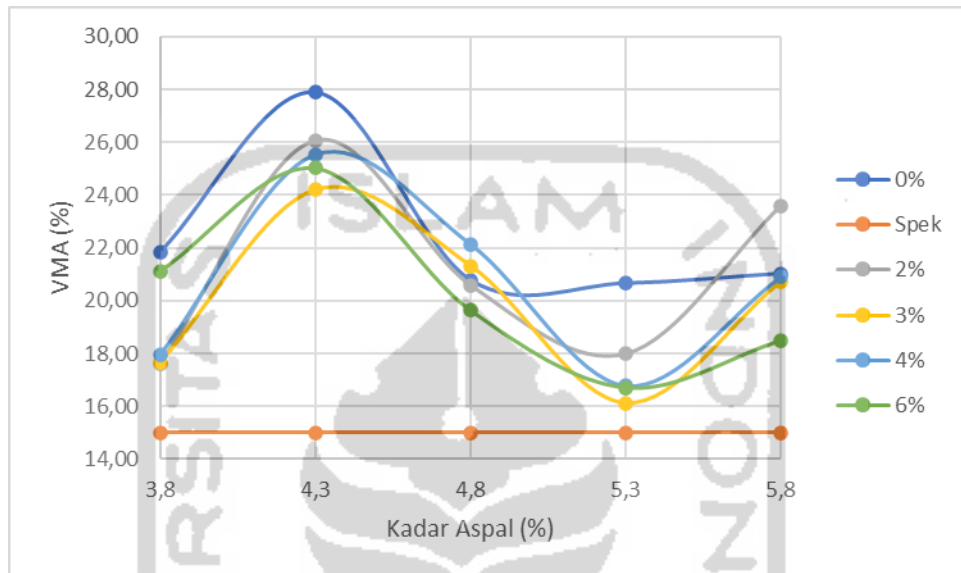
Gambar 5. 4 Grafik Hubungan VITM dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

Dari gambar di atas, dapat diketahui campuran dengan kadar aspal 5,3% dan kadar peremaja 3% memiliki persentase VITM yang paling baik dari campuran lain karena nilai VITM campuran tersebut sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.



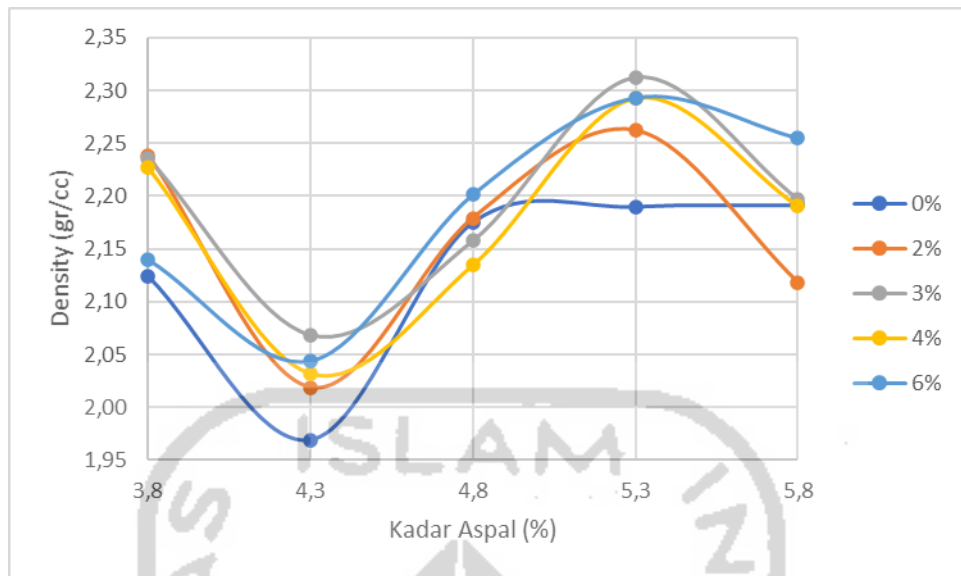
Gambar 5. 5 Grafik Hubungan VFWA dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa campuran dengan kadar aspal 5,3% dan kadar peremaja 3% memiliki persentase VFWA yang paling baik dari campuran lainnya karena nilai VFWA campuran tersebut sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.



Gambar 5. 6 Grafik Hubungan VMA dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

Dari gambar di atas, dapat dilihat bahwa campuran dengan kadar aspal 5,3% dan kadar peremaja 3% memiliki persentase VMA yang paling baik dari campuran lainnya karena campuran tersebut memiliki rongga antar agregat yang paling sedikit dari campuran lainnya, namun masih sesuai dengan spesifikasi yang digunakan.



Gambar 5. 7 Grafik Hubungan *Density* dengan Kadar Aspal Berdasarkan Kadar Peremaja

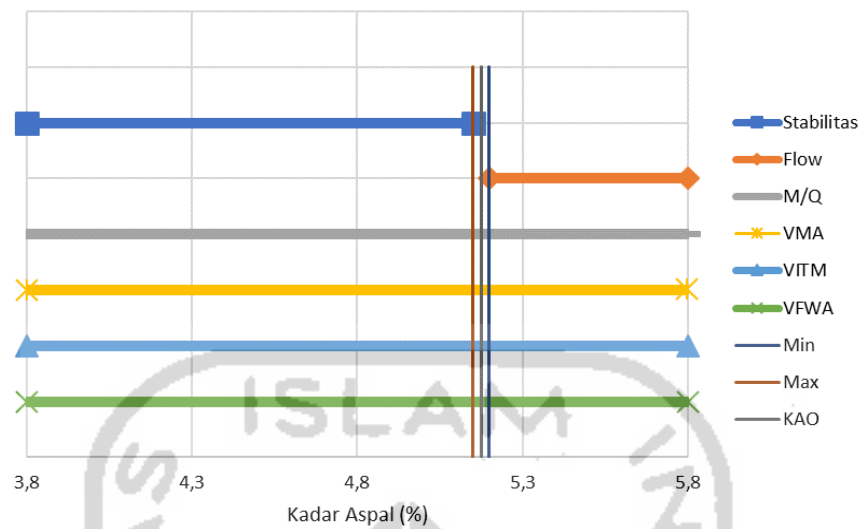
Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa campuran dengan kadar aspal 5,3% dan kadar peremaja 3% memiliki tingkat kepadatan yang paling tinggi, sedangkan campuran dengan kadar aspal 4,3% dan kadar peremaja 0% memiliki tingkat kepadatan yang paling rendah.

Untuk data lebih lengkap serta grafik hasil pengujian dapat dilihat pada Lampiran 23 hingga Lampiran 32. Sementara untuk rekapitulasi hasil uji *Marshall* yang telah dilakukan untuk mendapatkan nilai KAO dan kadar peremaja dapat dilihat pada Tabel 5.5 di bawah ini.

Tabel 5. 5 Rekapitulasi Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari Nilai KAO

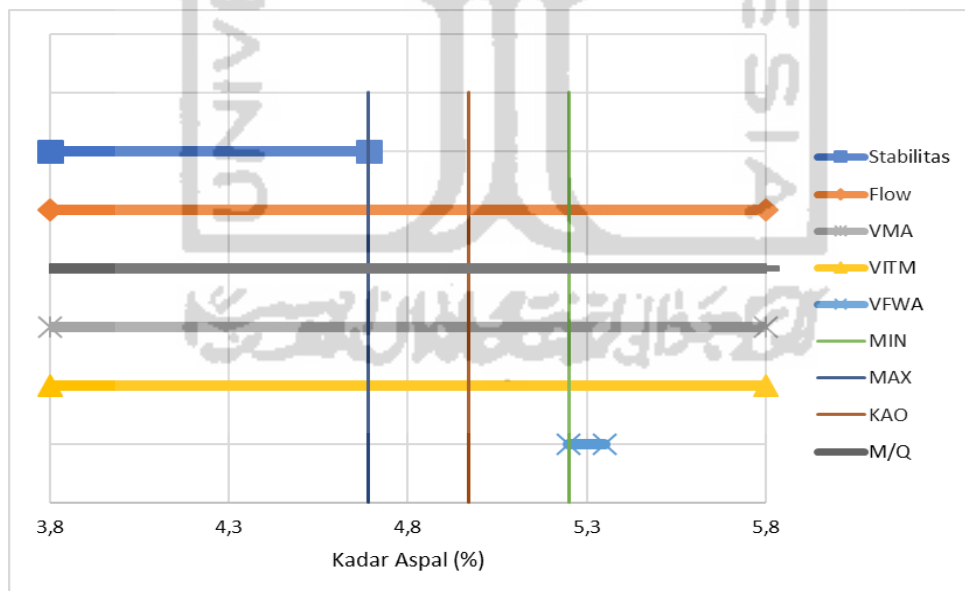
KADAR PEREMAJA (%)		KADAR ASPAL	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VFWA	VMA	Density
Aspal	RAP	%	kg	mm	kg/mm	%	%	%	gr/cc
0	0,00	3,8	1185,14	4,80	247,21	14,02	36,36	21,83	2,12
	0,00	4,3	1208,19	4,57	265,20	19,73	29,67	27,92	1,97
	0,00	4,8	883,01	4,40	201,03	10,66	48,68	20,77	2,18
	0,00	5,3	774,09	3,90	199,64	9,42	57,09	20,65	2,19
	0,00	5,8	690,72	3,23	213,33	8,72	60,52	21,03	2,19
2	3,65	3,8	1004,22	3,83	261,75	9,46	47,65	17,59	2,24
	4,39	4,3	968,31	3,10	311,91	17,77	32,03	26,05	2,02
	5,14	4,8	760,74	2,70	282,04	10,59	48,52	20,58	2,18
	5,88	5,3	747,01	2,53	318,16	6,55	65,36	17,98	2,26
	6,62	5,8	639,07	2,33	296,77	11,89	50,58	23,60	2,12
3	5,47	3,8	719,52	3,37	214,52	9,58	45,74	17,65	2,24
	6,59	4,3	946,41	3,33	284,39	15,77	35,03	24,20	2,07
	7,71	4,8	817,39	3,90	209,06	11,50	46,27	21,32	2,16
	8,82	5,3	812,44	3,17	256,66	4,51	72,04	16,11	2,31
	9,94	5,8	618,11	2,60	238,51	8,61	58,48	20,73	2,20
4	7,30	3,8	749,32	3,43	218,36	9,98	44,45	17,96	2,23
	8,79	4,3	1080,81	3,50	309,51	17,30	32,23	25,53	2,03
	10,27	4,8	809,27	2,90	279,48	12,50	44,18	22,14	2,13
	11,76	5,3	945,49	3,50	269,29	5,38	68,29	16,79	2,29
	13,25	5,8	632,90	2,73	231,36	8,99	57,03	20,91	2,19
6	10,95	3,80	794,12	2,90	273,53	13,56	37,22	21,13	2,14
	13,18	4,30	1097,14	3,80	288,85	16,87	32,64	25,03	2,04
	15,41	4,80	748,84	2,63	286,08	9,85	49,99	19,64	2,20
	17,64	5,30	1000,36	3,87	259,34	5,47	67,34	16,71	2,29
	19,87	5,80	619,73	3,40	202,03	6,42	65,35	18,50	2,26
Spesifikasi Bina Marga 2010			>800	2-4	-	3-5	>65	>15	-

Setelah didapatkan nilai karakteristik seperti pada tabel di atas, nilai yang sesuai dengan spesifikasi kemudian dimasukkan pada grafik seperti di bawah ini untuk menentukan kadar aspal optimum yang digunakan pada tiap kadar peremaja yang sudah ada.



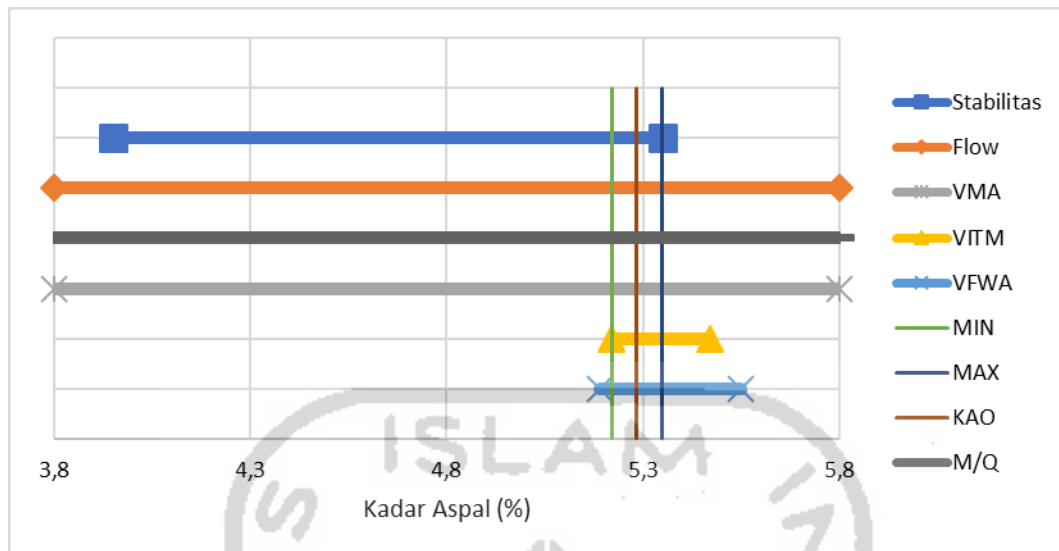
Gambar 5. 8 Diagram Kadar Aspal Optimum pada Kadar Peremaja 0%

Dari grafik di atas, didapat kadar aspal optimum pada kadar peremaja 0% sebesar 5,175%.



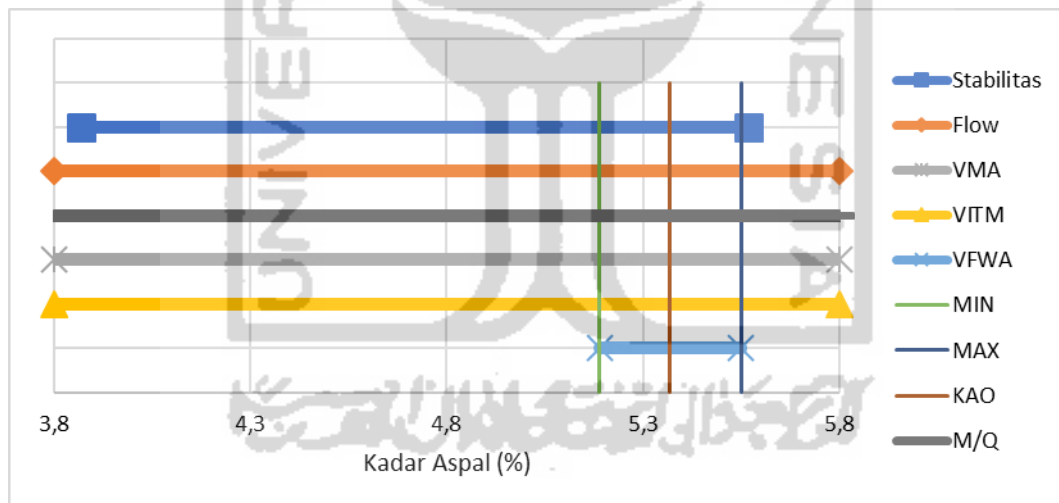
Gambar 5. 9 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Kadar Peremaja 2%

Dari grafik di atas, didapat kadar aspal optimum pada kadar peremaja 2% sebesar 4,97%.



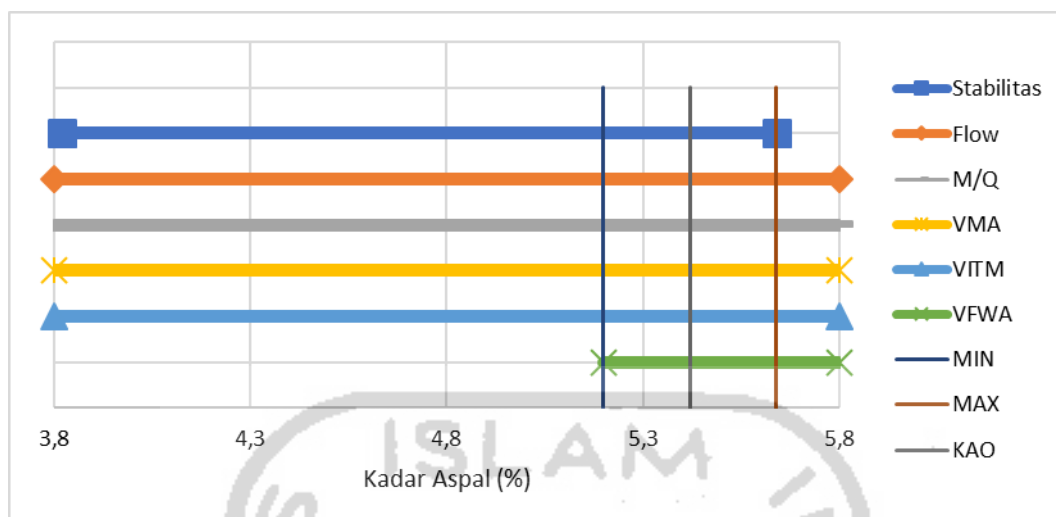
Gambar 5. 10 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Peremaja 3%

Dari grafik di atas, didapat kadar aspal optimum pada kadar peremaja 3% sebesar 5,285%.



Gambar 5. 11 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Kadar Peremaja 4%

Dari grafik di atas, didapat kadar aspal optimum pada kadar peremaja 4% sebesar 5,37%.



Gambar 5. 12 Diagram Kadar Aspal Optimum dengan Kadar Peremaja 6%

Dari grafik di atas, didapat kadar aspal optimum pada kadar peremaja 6% sebesar 5,42%.

Setelah dilakukan pengujian dengan hasil kadar aspal optimum pada tiap kadar peremaja, maka kadar aspal optimum yang digunakan adalah 4,97% dengan kadar peremaja 2%. Hal ini dilakukan dengan tujuan membuat campuran baru dengan mengurangi penggunaan material baru yang terlalu berlebihan. Walaupun ada dua karakteristik yang tidak memenuhi spesifikasi secara menyeluruh, namun karena untuk membuat percobaan campuran dengan penggunaan material yang minimum, maka dari itu digunakan kadar aspal optimum dengan angka terkecil diikuti dengan kadar peremaja yang sesuai. Kadar aspal ini selanjutnya digunakan untuk kembali diuji dengan proporsi kadar RAP yang berbeda di pengujian yang selanjutnya.

5.4 Pengujian Karakteristik Marshall

5.4.1 Hasil Pengujian

Setelah didapatkan kadar aspal optimum beserta kadar peremaja yang akan digunakan, selanjutnya adalah dilakukan pengujian *Marshall* dengan penggunaan kadar RAP yang berbeda, yaitu 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100%.

Untuk hasil pengujian lebih detail dapat dilihat pada Lampiran 33 hingga lampiran 38. Hasil pengujian *Marshall* dapat dilihat pada Tabel 5.6 di bawah ini.

Tabel 5. 6 Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* dengan KAO

KADAR RAP	Stabilitas	Flow	MQ	VITM	VFWA	VMA	DENSITY
0	1220,47	4,1	297,676	5,36	67,36	16,42	2,30
	1270,63	3,2	397,072	4,45	71,51	15,62	2,32
	1194,20	3,9	306,205	6,94	61,06	17,81	2,26
Rata-Rata	1228,43	3,73	333,65	5,58	66,64	16,62	2,29
25	1458,12	4,6	316,982	6,14	63,77	16,95	2,28
	1497,02	4,1	365,126	5,19	67,78	16,11	2,31
	1464,60	3,5	418,457	7,85	57,50	18,46	2,24
Rata-Rata	1473,24	4,07	366,86	6,39	63,02	17,18	2,28
30	1982,88	5,2	381,324	4,16	72,63	15,21	2,33
	1891,61	4,7	402,471	3,23	77,52	14,39	2,35
	1927,57	4,6	419,036	6,08	64,05	16,91	2,28
Rata-Rata	1934,02	4,83	400,94	4,49	71,40	15,50	2,32
50	2016,49	5,4	373,424	3,91	73,98	15,03	2,34
	2044,90	5,2	393,249	2,94	79,27	14,16	2,36
	2020,97	4,8	421,035	5,60	66,09	16,52	2,29
Rata-Rata	2027,45	5,13	395,90	4,15	73,11	15,24	2,33
75	2035,27	5,7	357,065	8,05	57,03	18,73	2,23
	1995,22	5,4	369,485	7,23	59,84	18,01	2,25
	2112,71	5,2	406,29	9,20	53,41	19,75	2,21
Rata-Rata	2047,73	5,43	377,61	8,16	56,76	18,83	2,23
100	2001,56	5,9	339,248	7,06	60,56	17,90	2,26
	2061,27	5,5	374,777	6,67	62,00	17,56	2,27
	2088,66	5,4	386,788	6,91	61,13	17,77	2,26
Rata-Rata	2050,50	5,60	366,94	6,88	61,23	17,74	2,26

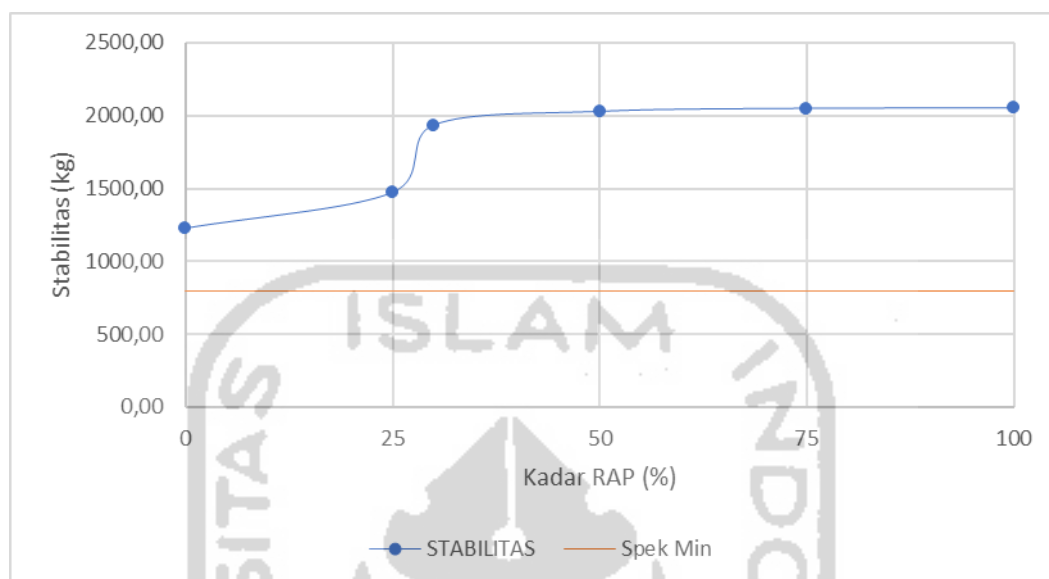
5.4.2 Pembahasan

Penjelasan mengenai karakteristik hasil pengujian *Marshall* yang sudah dilakukan akan dipaparkan di bawah ini.

1. Hubungan antara Kadar RAP dan Stabilitas Campuran

Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menahan deformasi akibat beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk seperti gelombang dan alur yang dinyatakan dalam satuan kilogram (kg). Nilai stabilitas ditentukan oleh beberapa hal, diantaranya adalah bentuk agregat, kekasaran permukaan agregat dan jenis gradasi agregat yang kemudian menjadi nama jenis campuran tersebut

dan oleh sifat bahan ikat aspalnya. Hasil pengujian stabilitas dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah ini.



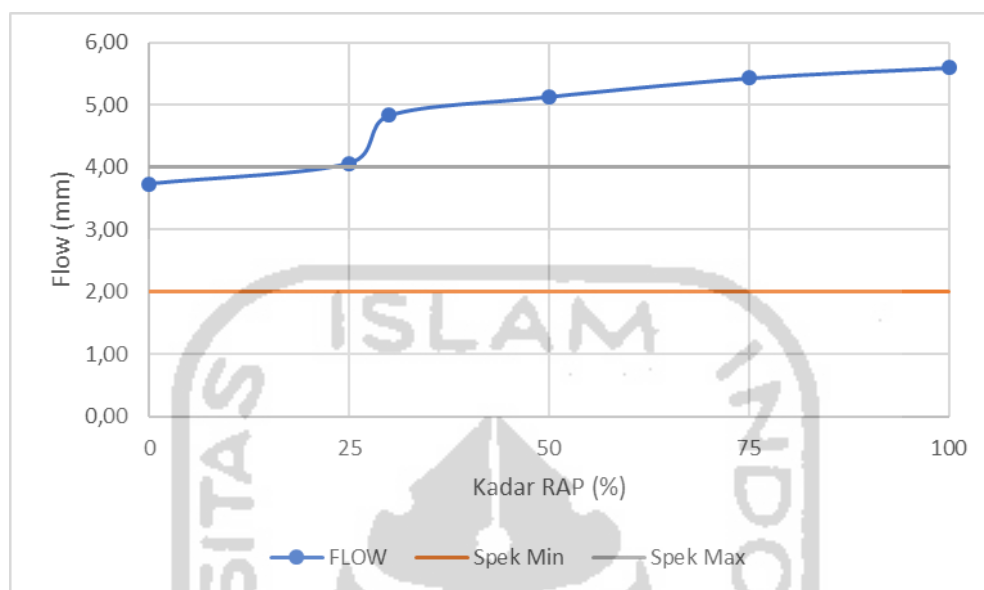
Gambar 5. 13 Grafik Hubungan antara Kadar RAP dengan Stabilitas

Dengan penggunaan kadar aspal optimum dan kadar peremaja yang sudah ditentukan, dapat dilihat pada grafik di atas bahwa seiring bertambahnya kadar RAP yang digunakan, maka semakin besar pula stabilitasnya. Peningkatan stabilitas yang cukup drastis terdapat pada penambahan kadar RAP sebesar 30%. Hal ini disebabkan oleh penggunaan kadar peremaja yang hanya sebesar 2% dari total aspal baru yang ditambahkan, sehingga semakin besar kadar RAP maka semakin kecil pula kadar peremaja yang digunakan sehingga aspal RAP tidak terlalu lembek. Pada penelitian ini stabilitas campuran memenuhi spesifikasi yang ditentukan menurut Bina Marga 2010, yaitu lebih dari 800 kg.

2. Hubungan antara Kadar RAP dan Nilai *Flow* Campuran

Flow (kelelehan plastis) adalah keadaan perubahan bentuk secara diametral suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam satuan milimeter (mm). Semakin besar kadar bitumen pada suatu jenis campuran maka akan semakin besar nilai *flow*. Faktor yang mempengaruhi nilai *flow* adalah gradasi campuran, kadar aspal, bentuk agregat, dan temperatur pemadatan. *Flow* menunjukkan besarnya deformasi yang

terjadi pada lapis konstruksi perkerasan pada bebas runtuh. Nilai *flow* pada pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.7 di bawah ini.



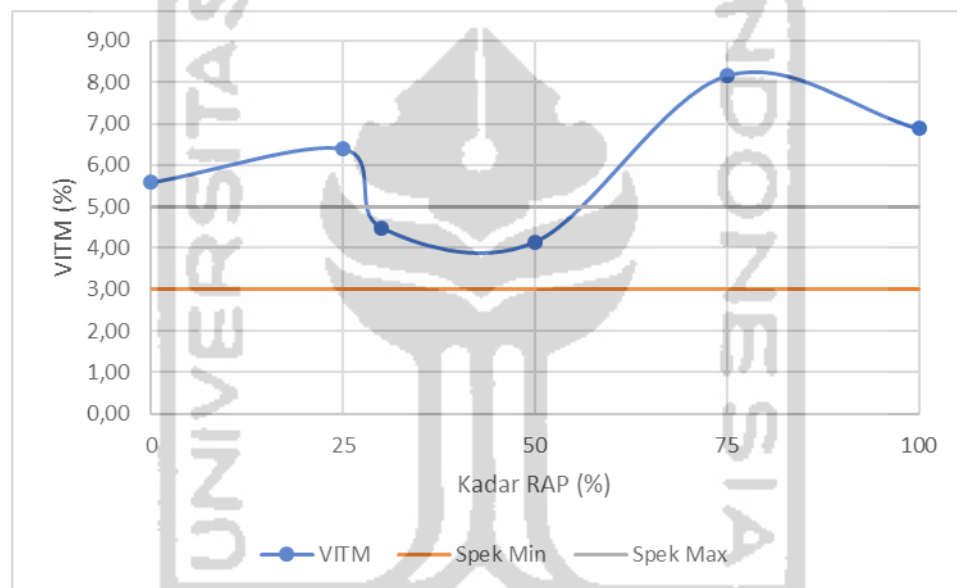
Gambar 5. 14 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan *Flow*

Pada gambar di atas, dapat dilihat bahwa angka *flow* mengalami kenaikan pada saat campuran aspal mengandung kadar RAP sebanyak 25%, ketika campuran aspal mulai ditambahkan bahan peremaja. Kemudian nilai *flow* meningkat drastis pada campuran aspal dengan kadar RAP sebesar 30%. Kemudian sedikit demi sedikit nilai *flow* semakin bertambah seiring bertambahnya kadar RAP yang digunakan dalam campuran tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyaknya kadar RAP yang digunakan, maka semakin besar pula nilai *flow* yang didapat. Hal ini terjadi karena terjadinya deformasi yang semakin membesar seiring bertambahnya kadar RAP yang digunakan. Deformasi ini disebabkan oleh bentuk agregat yang bermacam macam untuk campuran dengan kadar RAP 25% hingga 75%. Kadar peremaja juga mempengaruhi sifat aspal. Semakin besar kadar RAP yang digunakan, maka penggunaan bahan peremaja akan semakin sedikit. Hal ini menyebabkan aspal yang menempel pada RAP tidak bisa lembek sesuai yang diinginkan dan menyebabkan kurangnya elastisitas pada campuran sehingga menyebabkan deformasi yang cukup besar ketika menerima beban. Dari Gambar 5.7 di atas, dapat dilihat

angka *flow* yang memenuhi spesifikasi yang ada pada Bina Marga 2010 hanyalah campuran dengan kadar RAP 0%.

3. Hubungan antara Kadar RAP dan Nilai VITM Campuran

Voids in Total Mix atau VITM adalah persentase rongga yang ada pada suatu campuran diukur terhadap volume total campuran. Besarnya dipengaruhi oleh bentuk agregat, gradasi agregat, temperatur pemadatan, energi pemadatan dan jenis aspal. Nilai VITM juga berpengaruh terhadap kedekatan campuran terhadap air. Untuk hubungan kadar RAP dengan nilai VITM dapat dilihat pada Gambar 5.8 di bawah ini.



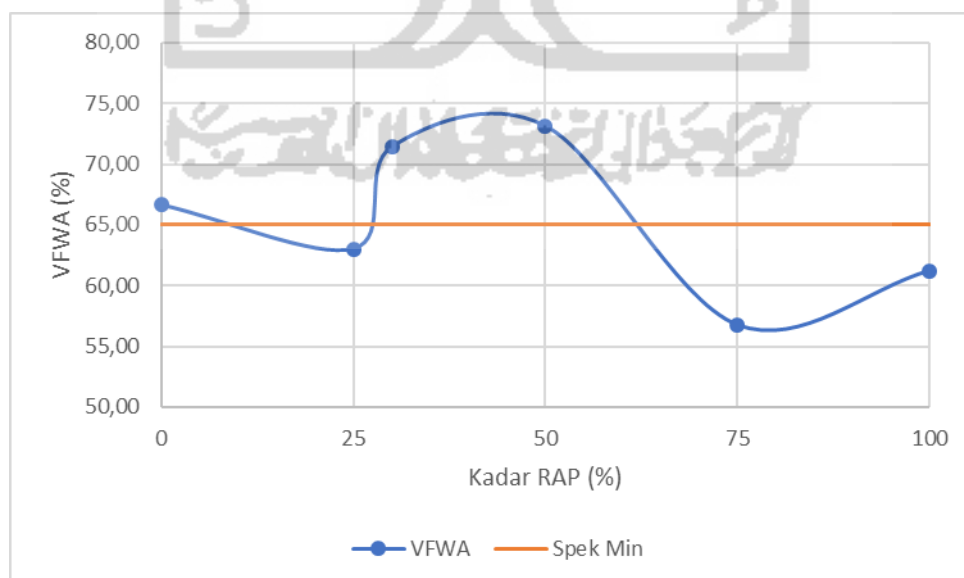
Gambar 5. 15 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan VITM

Nilai VITM mengalami kenaikan pada kadar RAP sebesar 25% dalam keadaan sudah ditambahkan bahan peremaja sebesar 2% dari jumlah total aspal baru yang digunakan. Hal ini disebabkan adanya kadar RAP yang ditambahkan pada campuran tersebut dan bercampur dengan agregat baru yang jenisnya berbeda. Hal ini menyebabkan terciptanya rongga karena ada celah yang tidak tertutupi akibat perbedaan jenis agregat tersebut. Nilai VITM turun pada campuran dengan kadar RAP 30% dan 50%. Hal ini disebabkan karena persentase dari agregat RAP dan agregat baru yang mengimbangi satu sama lain sehingga memungkinkan terciptanya rongga yang tidak terlalu banyak. Namun nilai

VITM kembali meningkat pada campuran dengan kadar RAP 75%. Hal ini terjadi karena kadar peremaja dan kadar aspal baru sebagai agen peremaja semakin sedikit sehingga aspal yang menempel pada RAP tidak cukup lembek untuk mengikat agregat yang belum terselimuti aspal. Namun terjadi penurunan nilai VITM dari campuran dengan kadar RAP 100%. Hal ini dikarenakan agregat yang digunakan merupakan agregat yang berjenis sama sehingga rongga yang tercipta tidak sebanyak campuran aspal dengan kadar RAP sebanyak 75%. Dari pengujian ini, campuran yang mempunyai nilai VITM sesuai spesifikasi adalah campuran dengan kadar RAP sebanyak 30% dan 50%.

4. Hubungan antara Kadar RAP dan Nilai VFWA Campuran

Voids Filled with Asphalt atau VFWA merupakan banyaknya persen rongga yang telah terisi oleh aspal. Nilai VFWA yang besar menunjukkan banyak rongga yang terisi oleh aspal sehingga kedekatan campuran terhadap udara dan air menjadi lebih baik. Sebaliknya, nilai VFWA yang terlalu kecil, berarti nilai VITM yang besar, tidak hanya mengakibatkan stabilitas rendah namun dapat pula menurunkan kedekatan terhadap air dan meningkatkan oksidasi yang mengakibatkan aspal mudah mengeras dan tidak awet. Untuk nilai VFWA dari hasil pengujian dapat dilihat pada Gambar 5.9 di bawah ini.

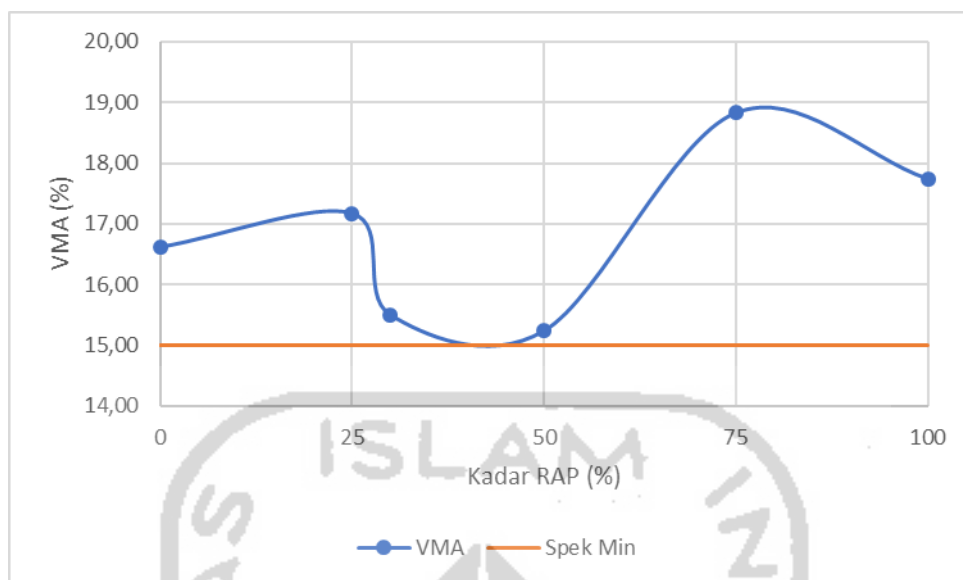


Gambar 5. 16 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan VFWA

Nilai VFVA yang memenuhi spesifikasi ketika kadar RAP pada campuran sebesar 0%, 30% dan 50%, selebihnya tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini disebabkan karena kadar peremaja yang mempengaruhi kelembakan aspal. Pada kadar RAP 25%, peremaja tidak cukup membuat aspal pada campuran meleleh sehingga masih terdapat rongga yang belum diisi. Namun nilai VFVA mengalami peningkatan pada kadar RAP sebesar 30% dan 50%. Namun kemudian nilai VFVA mengalami penurunan pada campuran dengan kadar RAP 75% dan 50%. Hal ini disebabkan oleh kadar peremaja yang semakin berkurang seiring bertambahnya kadar RAP yang digunakan, sehingga mempengaruhi sifat lembek aspal yang membuat aspal yang menggumpal pada agregat RAP tidak dapat melebur sempurna dan menyelimuti agregat yang ada dan mengisi rongga yang tersedia. Dari pengujian ini hanya campuran yang mengandung RAP sebanyak 30% dan 50% yang memiliki nilai VFVA sesuai dengan spesifikasi.

5. Hubungan antara Kadar RAP dan Nilai VMA Campuran

Void in Mineral Aggregate atau VMA adalah rongga di antara agregat dalam campuran agregat dan aspal yang sudah dipadatkan termasuk rongga yang terisi aspal, dinyatakan dalam persentase rongga terhadap volume total campuran agregat dan aspal. VMA memperlihatkan jarak antara agregat pada kondisi tertentu. Semakin besar nilai VMA maka menunjukkan semakin besar kerenggangan antar butir agregat. Hal ini dapat disebabkan oleh dua hal, yaitu semakin besar nilai pori campuran dan/atau semakin tebal selimut aspal pada agregat. Pada keadaan pori yang tetap maka dapat dikatakan penyebabnya adalah semakin tebal aspal yang menyelimuti butiran agregat. Untuk nilai VMA pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.10 di bawah ini.



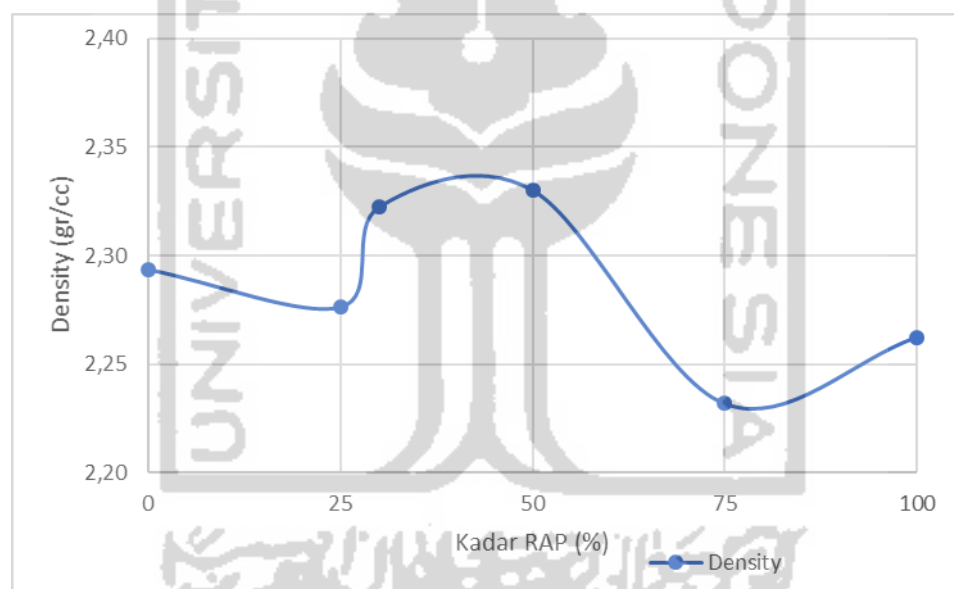
Gambar 5. 17 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan VMA

Dari Gambar 5.10 di atas dapat dilihat bahwa angka VMA pada tiap kadar RAP yang digunakan memenuhi nilai spesifikasi, yaitu berada di atas 15%. Pada kadar RAP 25% nilai VMA mengalami peningkatan dengan adanya tambahan peremaja sebesar 2% dari kadar aspal baru yang ditambahkan, namun mengalami penurunan pada kadar RAP 30% dan 50%. Hal ini disebabkan karena kadar peremaja dan kadar aspal baru sebagai bahan peremaja lebih kecil dari campuran dengan kadar RAP sebesar 25%. Selain itu, kadar agregat baru yang lebih banyak dari kadar RAP menyebabkan banyaknya agregat yang harus diselimuti, sehingga agregat yang menggumpal pada permukaan agregat aspal RAP membantu agen peremaja untuk menyelimuti agregat baru yang belum terselimuti aspal sama sekali. Nilai VMA mengalami kenaikan drastis pada campuran dengan kandungan kadar RAP sebesar 75%. Hal ini dikarenakan kadar RAP yang digunakan lebih banyak dari agregat baru, sehingga tidak banyak permukaan yang harus diselimuti. Hal ini memungkinkan aspal yang menggumpal di permukaan agregat RAP melapisi area lain yang sudah terselimuti aspal, sehingga jarak yang diciptakan antar agregat lebih besar. Perbedaan jenis agregat juga mempengaruhi nilai VMA yang dihasilkan. Pada campuran dengan kadar RAP 100%, nilai VMA yang dihasilkan lebih rendah dari campuran dengan kadar RAP 75%. Hal ini

disebabkan karena tidak ada perbedaan jenis agregat pada campuran ini, namun kadar peremaja dan kadar aspal baru sebagai peremaja semakin sedikit sehingga memungkinkan bagi aspal yang menempel pada agregat aspal RAP tidak terlalu lembek untuk mengisi rongga yang ada.

6. Hubungan antara Kadar RAP dan Nilai *Density* Campuran

Nilai *density* menunjukkan tingkat kepadatan suatu campuran perkerasan tertentu antara agregat dan aspal yang dinyatakan dalam satuan g/cc. Nilai kepadatan ini juga menunjukkan kerapatan campuran yang telah dipadatkan. Semakin besar nilai *density* suatu campuran maka campuran akan semakin rapat. Untuk nilai *density* pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.11 di bawah ini.



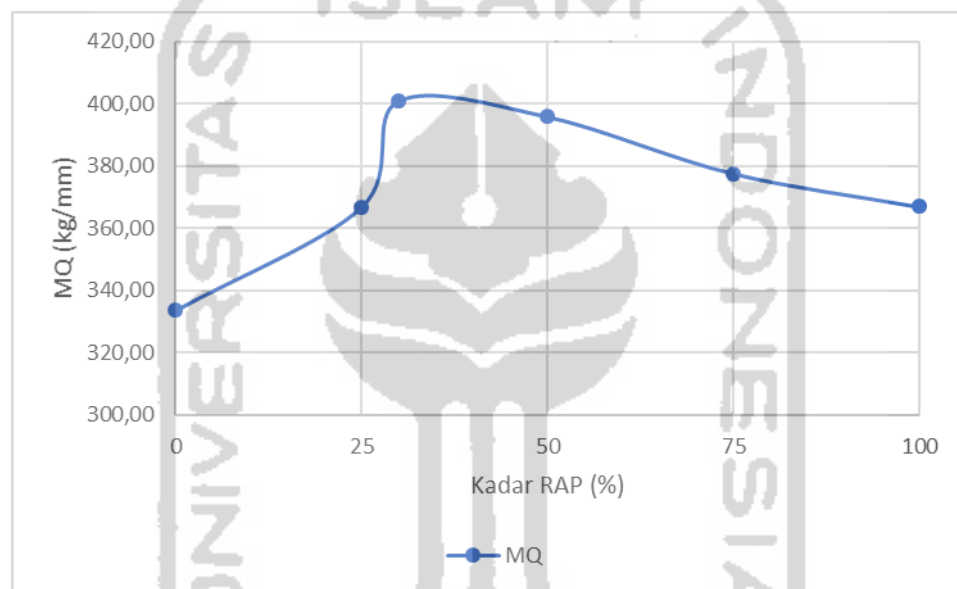
Gambar 5. 18 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan *Density*

Dari grafik di atas, nilai *density* mengalami kenaikan ketika campuran mengandung kadar RAP sebesar 25% dan dengan adanya tambahan peremaja, kemudian mengalami kenaikan drastis pada kadar RAP sebesar 30%. Hal ini disebabkan adanya tambahan peremaja dan aspal baru dengan kadar yang sesuai sehingga menyebabkan aspal RAP mengalami peremajaan dan dapat bekerja semestinya. Namun seiring bertambahnya kadar RAP, kepadatan semakin berkurang seiring berkurangnya kadar agen peremaja. Hal ini

menyebabkan banyaknya rongga diciptakan yang semakin bertambah jika kadar RAP semakin banyak.

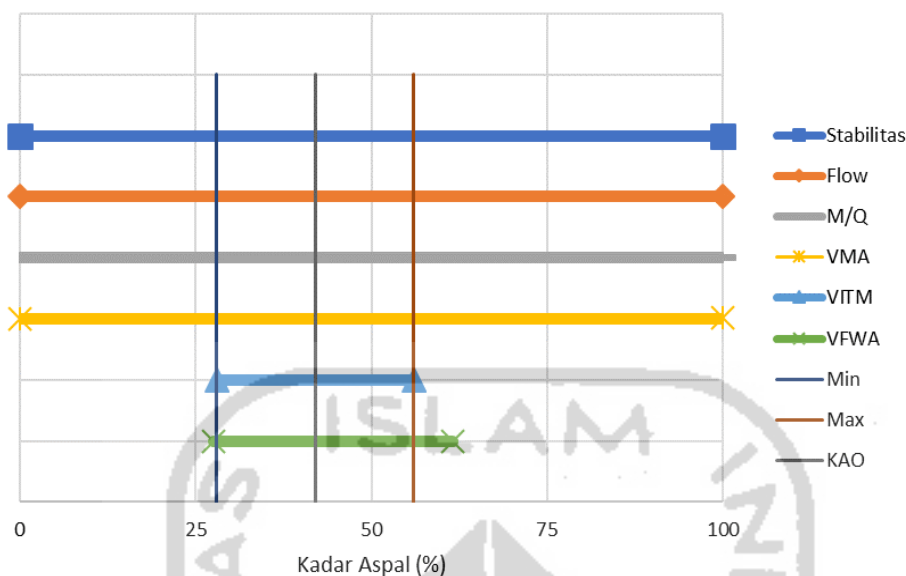
7. Hubungan antara Kadar RAP dan Nilai MQ Campuran

Marshall Quotient atau MQ merupakan hasil bagi antara stabilitas dan *flow*. Biasa dipakai sebagai pendekatan untuk mengukur tingkat fleksibilitas dari suatu lapis perkerasan, Semakin rendah nilai MQ maka semakin tinggi nilai fleksibilitas pada campuran tersebut. Untuk nilai MQ pada pengujian ini dapat dilihat pada Gambar 5.12 di bawah ini.



Gambar 5. 19 Grafik Hubungan Kadar RAP dengan MQ

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa semakin besar kadar RAP yang digunakan maka nilai MQ semakin bertambah. Hal ini disebabkan karena semakin banyak kadar RAP yang digunakan pada campuran, maka kadar peremaja dan kadar aspal baru sebagai agen peremaja semakin sedikit. Penggunaan agen peremaja yang semakin sedikit ini menyebabkan fleksibilitas campuran semakin rendah sehingga mempengaruhi nilai MQ dan membuatnya semakin tinggi.



Gambar 5. 20 Diagram Kadar RAP Optimum dengan Kadar Peremaja 2%

Dari gambar di atas, dapat diketahui bahwa kadar RAP yang optimum dalam penelitian ini adalah sebesar 42% dengan batas minimum 28% dan batas maksimum 56%. Dapat ditarik kesimpulan bahwa kadar RAP yang dapat digunakan adalah antara 28% hingga 56%.

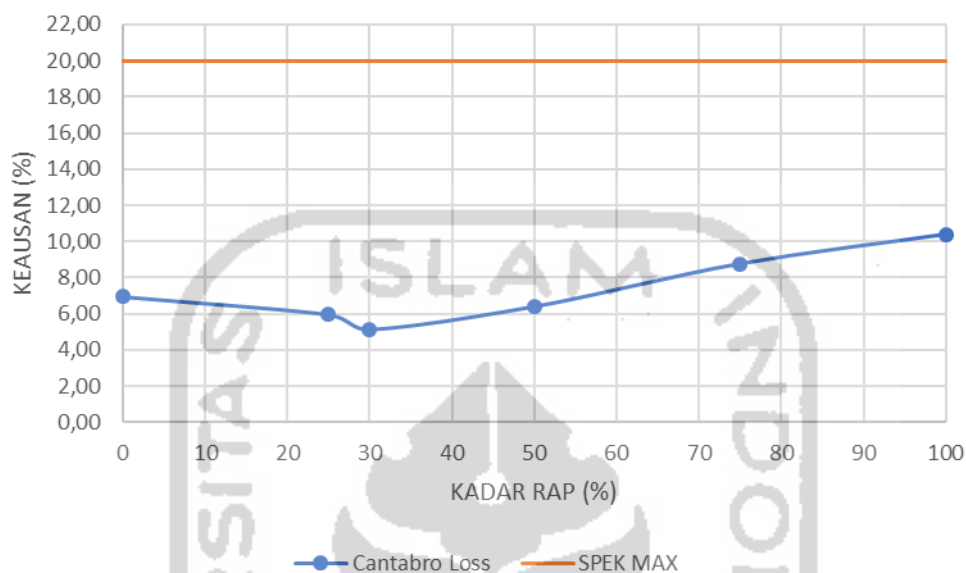
5.5 Hasil Pengujian *Cantabro*

Pengujian *Cantabro* dilakukan untuk mengetahui persentase keausan campuran aspal. Pengujian ini dilakukan dengan cara memasukkan sampel campuran aspal ke dalam mesin *Los Angeles* dan diputar sebanyak tiga ratus kali tanpa menggunakan bola-bola baja. Sebelumnya dilakukan penimbangan berat sampel untuk menjadi perbandingan berat sesudah dilakukan pengujian. Nantinya akan didapat berapa persentase berat yang hilang.

Uji *Cantabro* memberikan gambaran kinerja campuran dalam menerima beban berulang akibat gesekan roda kendaraan dengan permukaan jalan. Menurut spesifikasi Bina Marga 2010, persentase kehilangan berat pada pengujian *Cantabro* adalah kurang dari 20%.

Pada pengujian ini, digunakan campuran aspal dengan kandungan RAP RAP sebanyak 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100%. Selain itu juga ada

penambahan kadar peremaja sebanyak 2% dari berat kadar aspal baru. Detail data hasil pengujian *Cantabro* dapat dilihat pada Lampiran 39. Untuk nilai *Cantabro* dapat dilihat pada Gambar 5.13 di bawah ini.



Gambar 5. 21 Hubungan antara Kadar RAP dan *Cantabro Loss*

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa nilai *Cantabro Loss* mengalami penurunan ketika campuran aspal mengandung kadar RAP sebanyak 0%, 25% dan 30%. Namun ketika campuran aspal mengandung kadar RAP 50%, 75%, dan 100%. Namun nilai *Cantabro Loss* masih berada di bawah 20%, yang berarti campuran tersebut masih memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

5.6 Rekapitulasi Hasil Pengujian Kelayakan Penggunaan Material Bekas Pakai untuk Kegiatan Perbaikan Struktur Perkerasan Jalan

Sebelumnya telah dilakukan pengujian *Marshall* dan *Cantabro* pada campuran material baru dan RAP dengan kadar 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100% dengan tambahan bahan peremaja berupa endapan CPO dengan persentase 2% dari berat aspal baru yang ditambahkan. Setelah dilakukan pengujian, dapat diketahui bahwa ada perubahan kinerja yang terjadi pada penelitian ini. Hal itu akan dijelaskan pada Tabel 5.7 Di bawah ini sesuai dengan parameter nya masing-masing.

Tabel 5. 7 Rekapitulasi Hasil Pengujian Campuran

Parameter	Kesimpulan
Stabilitas	<p>Dari nilai stabilitas dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan seiring dengan bertambahnya kadar RAP yang ada pada campuran aspal tersebut. Campuran dengan kadar RAP 0% memiliki stabilitas terendah, yaitu sebesar 1228,43 kg. Sementara campuran dengan kadar RAP 100% memiliki stabilitas tertinggi, yaitu sebesar 2050,50 kg. Peningkatan yang paling drastis terjadi pada campuran dengan kadar RAP sebesar 30%, yaitu stabilitas sebesar 1934,02 kg. Sesuai dengan Bina Marga 2010, nilai stabilitas campuran masih sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan, yaitu 800 kg.</p>
<i>Flow</i>	<p>Nilai <i>flow</i> yang didapat seiring dengan bertambahnya kadar RAP yang digunakan dalam campuran, maka semakin besar pula nilai <i>flow</i> yang didapat. Nilai <i>flow</i> terkecil terdapat pada Menurut Bina Marga 2010, nilai <i>flow</i> yang memenuhi spesifikasi adalah campuran dengan nilai <i>flow</i> sebesar 2,0-4,0 mm. Dari penelitian ini didapatkan nilai <i>flow</i> yang memenuhi spesifikasi adalah campuran dengan kadar RAP 0% yaitu sebesar 3,73 mm.</p>
VITM	<p>Nilai VITM pada campuran mengalami penurunan ketika campuran mengandung RAP sebesar 30% dan 50%, namun kemudian nilai VITM meningkat drastis ketika campuran mengandung RAP sebesar 75% dan kembali turun pada campuran dengan kadar RAP 100%. Nilai VITM terendah terdapat pada campuran dengan kadar RAP 50%, yaitu sebesar 4,15% dan nilai VITM tertinggi terdapat pada campuran dengan kadar RAP 75%, yaitu sebesar 8,16%. Sesuai dengan Bina Marga 2010, nilai VITM pada campuran yang memenuhi syarat adalah sebesar 3-5%. Dari penelitian yang sudah dilakukan, campuran yang memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan adalah campuran dengan kadar RAP sebesar 30% dengan nilai VITM sebesar 4,49% dan 50% dengan nilai VITM sebesar 4,15%.</p>
VFWA	<p>Nilai VFWA sesuai Bina Marga 2010 yang memenuhi spesifikasi adalah lebih besar dari 65%. Pada penelitian ini, nilai VFWA terendah terdapat pada campuran dengan kadar RAP sebesar 75% dengan nilai VFWA 56,76%. Sementara nilai VFWA tertinggi terdapat pada campuran dengan kadar RAP sebesar 50% dengan nilai VFWA 73,11%. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa</p>

Parameter	Kesimpulan
	campuran yang memenuhi spesifikasi adalah campuran yang mengandung kadar RAP 0%, 30%, dan 50% dengan nilai VFWA masing-masing sebesar 66,64%, 71,40% dan 73,11%.
VMA	Nilai VMA sesuai Bina Marga 2010 yang memenuhi spesifikasi adalah lebih besar dari 15%. Pada penelitian ini, nilai VMA terendah didapatkan dari campuran dengan kadar RAP sebesar 50%, yaitu sebesar 15,24%. Sedangkan nilai VMA tertinggi didapatkan dari campuran dengan kadar RAP sebesar 75%, yaitu 18,83%. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa campuran dengan kadar 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100% memiliki nilai VMA yang memenuhi spesifikasi, yaitu berturut-turut sebesar 16,62%, 17,18%, 15,50%, 15,24%, 18,83% dan 17,74%.
Density	Pada penelitian ini, nilai <i>density</i> terendah didapatkan dari campuran dengan kadar RAP sebesar 75%, yaitu dengan nilai 2,23 gr/cc. Sementara nilai <i>density</i> terbesar terdapat pada campuran dengan kadar RAP sebesar 50%, yaitu sebesar 2,33 gr/cc. Nilai <i>density</i> mengalami penurunan yang cukup drastis ketika campuran mengandung RAP sebesar 75%, namun mengalami sedikit peningkatan pada campuran dengan kadar RAP sebesar 100%.
MQ	Nilai MQ terendah terdapat pada campuran dengan kadar RAP sebesar 0%, yaitu 333,65 kg/mm. Sementara nilai MQ terbesar terdapat pada campuran dengan kadar RAP sebesar 30%, yaitu 400,94 kg/mm. Nilai MQ mengalami penurunan setelah mencapai nilai terbesarnya.
Cantabro	Nilai <i>Cantabro</i> mengalami penurunan dari campuran dengan kadar RAP 0%, 25% dan 30% dengan nilainya berturut-turut sebesar 6,94%, 5,95% dan 5,13%. Namun setelahnya mengalami kenaikan yang cukup drastis ketika campuran mengandung RAP sebanyak 50%, 75% dan 100% yaitu berturut-turut sebesar 6,40%, 8,77% dan 10,39%. Menurut Bina Marga 2010 yang memenuhi spesifikasi adalah campuran yang mempunyai nilai <i>Cantabro</i> kurang dari 20%. Dari penelitian ini, dapat diketahui bahwa campuran dengan kadar 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100% memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini akan dijelaskan seperti di bawah ini.

1. Dari hasil pengujian *Marshall*, dilihat dari stabilitasnya didapat nilai yang semakin lama semakin meningkat seiring bertambahnya kadar RAP yang digunakan. Nilai stabilitas terkecil terdapat pada campuran dengan kadar RAP 0% yaitu sebesar 1228,43 kg dan nilai stabilitas terbesar terdapat pada campuran dengan kadar RAP 100% yaitu sebesar 2050,50 kg. Dilihat dari spesifikasi yang digunakan yaitu Bina Marga 2010, maka nilai stabilitas memenuhi spesifikasi yang digunakan, yaitu lebih besar dari 800 kg.
2. Pada nilai *flow*, campuran juga mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar RAP yang digunakan pada campuran aspal. Nilai *flow* yang sesuai spesifikasi adalah antara 2-4 mm. Namun dari pengujian ini, campuran yang sesuai dengan spesifikasi adalah campuran dengan dengan kadar RAP sebesar 0% yaitu 3,73 mm.
3. Pada nilai VITM dari hasil pengujian *Marshall*, nilai yang sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 adalah antara 3-5%. Dari hasil pengujian ini, campuran yang memiliki nilai VITM sesuai dengan spesifikasi yang digunakan adalah campuran yang mengandung kadar RAP 30% dan 50%, yaitu sebesar 4,49% dan 4,15%.
4. Pada nilai VFWA dari hasil pengujian *Marshall*, nilai yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 adalah diatas 65%. Dari hasil pengujian ini, nilai VFWA yang memenuhi spesifikasi adalah campuran dengan kadar RAP sebesar 0%, 30%, dan 50% dengan masing-masing nilai VITM sebesar 66,64%, 71,40%, dan 73,11%.
5. Pada nilai VMA dari hasil pengujian *Marshall*, nilai yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 adalah diatas 15%. Dari hasil pengujian ini,

nilai VMA pada pada campuran aspal dengan kadar RAP sebesar 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100% memiliki nilai VMA berturut-turut sebesar 16,62%, 17,18%, 15,50%, 15,24%, 18,83% dan 17,74%. Hal ini menunjukkan bahwa nilai VMA memenuhi nilai spesifikasi Bina Marga 2010.

6. Pada nilai *density* dari hasil pengujian *Marshall*, nilai *density* terendah terdapat pada campuran dengan kadar RAP 75% yaitu sebesar 2,23 gr/cc. Sementara nilai *density* tertinggi terdapat pada campuran dengan kadar RAP 50% yaitu sebesar 2,33 gr/cc.
7. Pada nilai MQ dari hasil pengujian *Marshall*, nilai MQ terendah terdapat pada campuran dengan kadar RAP 0% yaitu sebesar 333,65 kg/mm. Sementara nilai MQ tertinggi terdapat pada campuran dengan kadar RAP 30% yaitu sebesar 400,94 kg/mm.
8. Pada nilai *Cantabro Loss* dari hasil pengujian *Cantabro*, nilai terendah terdapat pada campuran dengan kadar RAP 30% yaitu sebesar 5,13%. Sementara nilai *Cantabro Loss* tertinggi terdapat pada campuran dengan kadar RAP 100% yaitu sebesar 10,39%. Sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010 dimana nilai *Cantabro Loss* yang memenuhi adalah kurang dari 20%,. Hal ini menunjukkan bahwa campuran dengan kadar RAP 0%, 25%, 30%, 50%, 75% dan 100% memiliki nilai *Cantabro Loss* yang memenuhi spesifikasi.
9. Kadar RAP optimum yang dapat digunakan adalah sebesar 42%.

6.2 Saran

Dari hasil pengujian di atas, berikut beberapa saran-saran yang dapat dihasilkan yang akan dijelaskan di bawah ini.

1. Penggunaan kadar RAP yang disarankan menurut penelitian yang telah dilakukan adalah sebesar 28% hingga 56% jika dilakukan penambahan bahan peremaja sesuai dengan karakteristik yang sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terhadap kandungan endapan *Crude Palm Oil* karena didalam penelitian ini tidak meninjau sifat kimiawi yang berkaitan dengan penambahan CPO pada campuran.

3. Penelitian selanjutnya dapat meninjau karakteristik campuran dengan kadar peremaja 2% dan kadar aspal 5,285% untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.
4. Perlu dilakukan pengujian IRS untuk mengetahui seberapa lama campuran tersebut dapat bekerja secara optimal.
5. Penelitian selanjutnya dapat meninjau kinerja peremaja jika digabungkan dengan aspal baru sebagai *rejuvenator agent*.



DAFTAR PUSTAKA

- Contractors Register. 2009. *The Blue Book-Building & Construction*. Contractors Register. Dallas.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2010. *Spesifikasi Umum Edisi 2010 Rev 3 Divisi 6*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Laksmi, N. N., Sunarjono, S., dan Riyanto, A. 2016. Pengaruh Bahan Peremaja Terhadap Sifat Penuaan Aspal. *Tugas Akhir*. (Tidak Dipublikasikan). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- Mulyono, A. T. 1996. Pengaruh Variasi Bahan Peremaja dan Waktu Pemeraman terhadap Karakteristik Campuran Asbuton Agregat Bergradasi Tertutup. *Media Teknik*. No. 1 Thn. XVIII No. ISSN 0216-3012. Yogyakarta.
- Nigen-Chaidron, Sophie dan Porot, L. 2008. Rejuvenating Agent and Process for Recycling of Asphalt. EP2118205A1. (<https://patents.google.com/patent/EP2118205A1>. Diakses 18 November 2009).
- Nono. 2016. Pengaruh Bahan Peremaja Terhadap Kinerja Campuran Beraspal Panas Bergradasi Menerus Menggunakan Daur Ulang Perkerasan Beraspal. *Jurnal Jalan-Jembatan*. Vol. 33 No.1 Januari-Juni 2016:27-42. Bandung.
- Pemerintah Indonesia. 2006. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 34 Tahun 2006 tentang Jalan. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Setiawan, H. dan Pradani, N. 2013. Analisis Sifat Fisik Material Perkerasan Jalan Hasi Daur Ulang. *Infrastruktur*. Vol. 3 No. 2 Desember 2013:71-77. Palu
- Sukirman, S. 1994. *Dasar - Dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Nova. Bandung.
- Sukirman, S. 2012. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Nova. Bandung.
- Sumantri, B., Santiko, H., Djakfar, L., dan Bowoputro, H. 2014. Pengaruh Peremaja Oli Bekas dan Solar Terhadap Karakteristik Marshall Perkerasan

Daur Ulang dengan Asbuton. *Tugas Akhir*. (Tidak Dipublikasikan).
Universitas Brawijaya. Malang.

Sadrolhosseini, A. R., 2010. *Optical Characterization of Palm Oil Biodiesel Blend*. *Journal of Materials Science and Engineering*. Malaysia.



LAMPIRAN



Lampiran 1 Contoh Material



Gambar L-1.1a Contoh Material yang Akan Digunakan



Gambar L-1.1b Contoh Material yang Akan Digunakan



Gambar L-1.1c Contoh Material yang Akan Digunakan



Gambar L-2 Endapan CPO (*Crude Palm Oil*)

Lampiran 2 Gambar Alat Pengujian Ekstraksi Aspal RAPAlat Ekstraksi *Reflux*

Larutan TCE



Timbangan



Aspal RAP



Kertas Saring

Lampiran 3 Gambar Alat Pengujian Penetrasi Aspal



Alat Penetrasi



Stopwatch



Aspal



Senter



Termometer

Lampiran 4 Gambar Alat Pengujian Daktilitas Aspal

Alat Uji Daktilitas



Lampiran 5 Gambar Alat Pengujian Titik Lembek Aspal

Termometer



Alat Uji Titik



Lampiran 6 Gambar Alat Pengujian Kelarutan Aspal

Alat Vakum



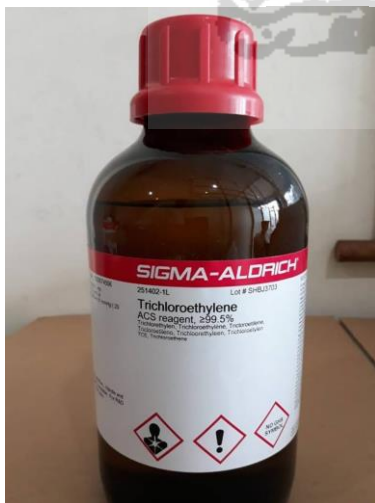
Oven



Erlenmeyer



Kertas Saring



Larutan TCE



Gelas Beker

Lampiran 7 Gambar Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar



Oven



Timbangan



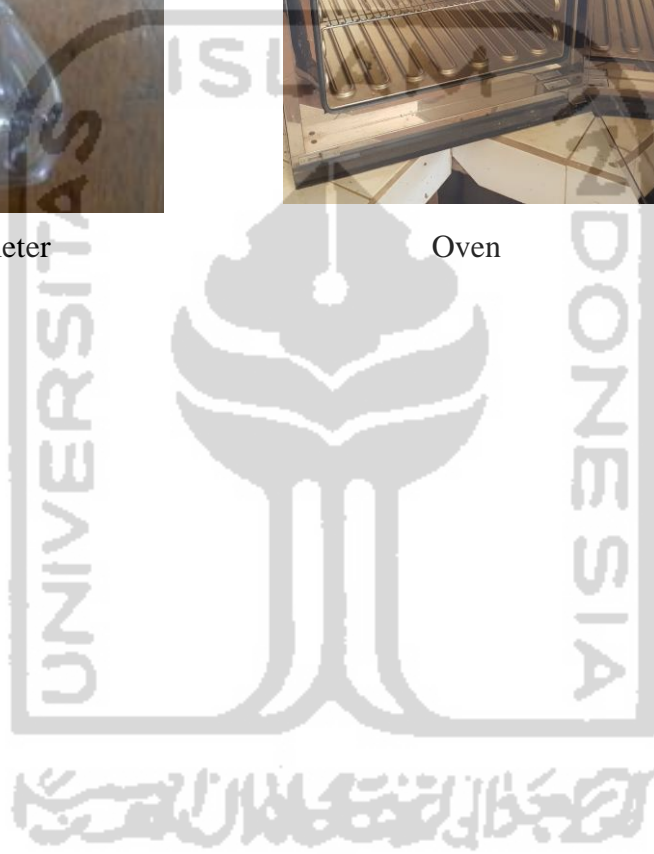
Kain Lap

Lampiran 8 Gambar Alat Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

Piknometer



Oven



Lampiran 9 Gambar Alat Pengujian Keausan Agregat



Mesin *Los Angeles*



Lampiran 10 Gambar Alat Pengujian *Sand Equivalent*



Alat Uji *Sand Equivalent*



Lampiran 11 Gambar Alat Pengujian *Marshall*



Alat Penumbuk



Kompor dan *Hot Plate*



Waterbath



Ekstruder



Mold



Alat Uji Marshall



Wajan




Lampiran 12 Gambar Alat Pengujian *Cantabro*



Mesin *Los Angeles*



Lampiran 13 Pengujian Penetrasi Aspal

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	<p>UJI PENETRASI ASPAL</p>	Tanggal Revisi	

1. Jenis contoh uji	Bahan Aspal Pen 60/70 (Pertamina)			
2. Diuji tanggal				
3. Metode uji	SNI 06-2456-1991			
4. Hasil pengujian	66 dmm			
Contoh dipanaskan	Mulai	08.00	Suhu Oven	: 130°C
	Selesai	08.15		
Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	08.15		
	Selesai	09.15		
Direndam pada suhu 25°C	Mulai	09.15	Suhu waterbath	: 25°C
	Selesai	10.15		
Pemeriksaan penetrasi	Mulai	10.15	Suhu alat	: 25°C
	Selesai	11.00		
Pemeriksaan Penetrasi 50 gram, 5 detik	Pengamatan			
		I		II
	det	mm	det	mm
Kanan atas	5	66	5	67
Kanan bawah	5	67	5	68
Tengah	5	65	5	67
Kiri atas	5	65	5	66
Kiri bawah	5	65	5	64
Rata-Rata	5	65,6	5	66,4
Hasil	66			

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis
Tanda Tangan

: Ir. INDRA SYAHFARI



Lampiran 14 Pengujian Berat Jenis Aspal

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI BERAT JENIS ASPAL		Tanggal Revisi

1. Jenis contoh uji	Bahan Aspal Pen 60/70 (Pertamina)			
2. Diuji tanggal				
3. Metode uji	SNI 2441:2011			
4. Hasil pengujian	1,0333			
Contoh dipanaskan	Mulai	08.00	Suhu Oven	: 130°C
	Selesai	08.15		
Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	08.15		
	Selesai	09.15		
Direndam pada suhu 25°C	Mulai	09.15	Suhu waterbath	: 25°C
	Selesai	10.15		
Pemeriksaan penetrasi	Mulai	10.15		
	Selesai	11.30		
Pengamatan	I		II	
Berat Picnometer+aspal	70,9	gram	70,85	gram
Berat picnometer	46,7	gram	46,7	gram
Berat aspal	24,2	gram	24,15	gram
Berat picnometer+air	102,51	gram	103,72	gram
Berat picnometer kosong	46,7	gram	46,7	gram
Berat air	55,81	gram	57,02	gram
Berat picnometer+aspal+air	103,31	gram	104,48	gram
Berat picnometer+aspal	70,9	gram	70,85	gram
Berat air	32,41	gram	33,63	gram
Isi aspal	23,4	gram	23,39	gram
Berat jenis I	1,0342			
Berat jenis II	1,0325			
Rata-rata	1,0333			

Pontianak, 16 Oktober 2019


Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
 Tanda Tangan :

Penyelia : PURDIYANTO, ST
 Tanda Tangan :

Manajer Teknis
 Tanda Tangan

Mengetahui,
 : Ir. INDRA SYAHFARI

Lampiran 15 Pengujian Titik Lembek Aspal

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN KUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI TITIK LEMBEK ASPAL		Tanggal Revisi

1.	Jenis contoh uji	Bahan Aspal Pen 60/70 (Pertamina)		
2.	Diuji tanggal			
3.	Metode uji	SNI 2434:2011		
4.	Hasil pengujian	53°C		
Contoh dipanaskan		Mulai 08.00	Suhu Oven : 130°C	
		Selesai 08.20		
Didiamkan pada suhu ruang		Mulai 08.25		
		Selesai 09.25		
Diredam pada suhu 25°C		Mulai 09.25	Suhu waterbath : 25°C	
		Selesai 11.55		
Pemeriksaan penetrasi		Mulai 11.55		
		Selesai 12.10		
No	Suhu yang diamati	Waktu	Titik Lembek	Rata-rata
1	5	-	5	53
2	10	17	10	
3	15	110	15	
4	20	171	20	
5	25	215	25	
6	30	255	30	
7	35	310	35	
8	40	404	40	
9	45	450	48	
10	50	612	53	
11	55			

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
Tanda Tangan :

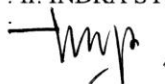


Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan



Lampiran 16 Pengujian Kelarutan Aspal

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI KELARUTAN ASPAL	Tanggal Revisi	

1. Jenis contoh uji	Bahan Aspal Pen 60/70 (Pertamina)			
2. Diuji tanggal				
3. Metode uji	RSNI M 12 – 2004			
4. Hasil pengujian	98,92%			
Contoh dipanaskan	Mulai 08.00	Suhu Oven		: 130°C
	Selesai 08.20			
Contoh dituangkan	08.20			
Didiamkan pada suhu ruang	Mulai 08.25			
	Selesai 08.35			
Direndam pada suhu 25°C	Mulai 08.40	Suhu waterbath		: 25°C
	Selesai 09.25			
Pemeriksaan penetrasi	Mulai 09.30			
	Selesai 10.30			
		I	II	
Berat erlenmeyer + aspal	122,155	gram	122,313	gram
Berat erlenmeyer kosong	103,85	gram	103,55	gram
Berat aspal	18,305	gram	18,763	gram
Berat cawan gooch + endapan	12,9	gram	12,7	gram
Berat cawan gooch kosong	12,7	gram	12,5	gram
Berat endapan	0,2	gram	0,2	gram
Berat Jenis	1,0926	%	1,066	%
Rata-rata	1,079	%		
Kelarutan	98,921	%		

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan :



Lampiran 17 Pengujian Daktilitas Aspal

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI DAKTILITAS ASPAL		Tanggal Revisi

1. Jenis contoh uji	Bahan Aspal Pen 60/70 (Pertamina)								
2. Diuji tanggal									
3. Metode uji	SNI 2441:2011								
4. Hasil pengujian	113,5 cm								
Contoh dipanaskan	Mulai	08.00	Suhu Oven : 130°C						
	Selesai	08.15							
Contoh dituangkan	08.20								
Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	08.15							
	Selesai	09.15							
Direndam pada suhu 25°C	Mulai	09.15	Suhu waterbath : 25°C						
	Selesai	10.15							
Pemeriksaan penetrasi	Mulai	10.15							
	Selesai	11.30							
Daktilitas pada 25 ; 5 cm per menit									
Pengamatan	cm	25	48	73	88	98	109	112	113,5
	menit	1	2	3	4	5	6	7	8

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :



Tanda Tangan :



Mengetahui,


Manajer Teknis

: Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan



Lampiran 18 Pengujian Berat Jenis Agregat Kasar


 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	
PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT KASAR			

1. Jenis contoh uji	Agregat Kasar Peniraman		
2. Diuji tanggal			
3. Metode uji	SNI 03-1969-2008		
4. Hasil pengujian	2,653		
			Rata-Rata
Berat agregat kering oven	1627,4	1732,1	
Berat agregat kering permukaan jenuh (SSD)	1641,5	1747,6	
Berat agregat dalam air	1029,3	1093,3	
Berat jenis	2,658	2,647	2,653
Berat kering permukaan jenuh (SSD)	2,681	2,671	2,676
Berat jenis semu (APP)	2,721	2,711	2,716
Penyerapan (absorption)	0,866	0,895	0,881


Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :  Tanda Tangan : 

Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan : 

Lampiran 19 Pengujian Keausan Agregat

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR PENGUJIAN KEAUSAN AGREGAT	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

1. Jenis contoh uji	Agregat Kasar Peniraman		
2. Diuji tanggal			
3. Metode uji	SNI 2417-2008		
4. Hasil pengujian	21,03%		
Gradasi Pemeriksaan Saringan		Grade B 500 Putaran 11 Bola	
		I	
Lolos	Tertahan	Berat Sebelum	Berat Sesudah
76,2 mm (3")	63,5 mm (2 1/2")		
63,5 mm (2 1/2")	50,8 mm (2")		
50,8 mm (2")	37,5 mm (1 1/2")		
37,5 mm (1 1/2")	24,5 mm (1")		
24,5 mm (1")	19,0 mm (3/4")		
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	2500	
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	2500	
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")		
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (No. 4)		
4,75 mm (No. 4)	2,36 mm (No. 8)		
Jumlah Berat		5000	
Berat Tertahan Saringan No. 12			3948,5
Berat sebelum (A)		5000	Gram
Berat sesudah (B)		3948,5	Gram
A - B		1051,5	Gram
Keausan		21,03	%

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan:



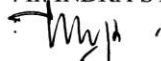
Tanda Tangan:




Mengetahui,

Manajer Teknis
Tanda Tangan

: Ir. INDRA SYAHFARI



Lampiran 20 Pengujian Berat Jenis Agregat Halus

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PUDAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR PENGUJIAN BERAT JENIS AGREGAT HALUS	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

1. Jenis contoh uji	Agregat Halus Peniraman		
2. Diuji tanggal			
3. Metode uji	SNI 03-1969-2008		
4. Hasil pengujian	2,604		
			Rata-Rata
Berat kering permukaan jenuh (SSD)	500	500	
Berat agregat kering oven	493,4	493,1	
Berat picnometer berisi air	690,1	693,1	
Berat picnometer+agregat+air	1001,2	1003,2	
Berat jenis	2,612	2,597	2,604
Berat kering permukaan jenuh (SSD)	2,647	2,633	2,640
Berat jenis semu (APP)	2,707	2,695	2,701
Penyerapan (absorption)	1,338	1,399	1,368

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :



Tanda Tangan :



Mengetahui,


Manajer Teknis

: Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan



Lampiran 21 Pengujian Sand Equivalent

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI SAND EQUIVALENT	Tanggal Revisi	

1. Jenis contoh uji	Agregat Halus Peniraman	
2. Diuji tanggal		
3. Metode uji	SNI 03-4428-1997	
4. Hasil pengujian	95,65%	
	Trial Number	Benda Uji
	Ukuran Saringan	
Shaking	Mulai	13.10
(10±1 min.)	Berhenti	13.20
Sedimentation Time	Mulai	13.20
(20±15 sec.)	Berhenti	13.40
Clay Reading		4,6
Sand Reading		4,4
	SE	95,65%

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan :



Lampiran 22 Pengujian Titik Lembek Aspal RAP

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PUDAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR UJI TITIK LEMBEK ASPAL RAP	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

1. Jenis contoh uji	Aspal RAP					
2. Diuji tanggal						
3. Metode uji	SNI 2434:2011					
4. Hasil pengujian	58,5°C					
Contoh dipanaskan	Mulai	08.00	Suhu Oven	: 130°C		
	Selesai	08.20				
Didiamkan pada suhu ruang	Mulai	08.25				
	Selesai	09.25				
Direndam pada suhu 25°C	Mulai	09.25	Suhu waterbath	: 25°C		
	Selesai	11.55				
Pemeriksaan penetrasi	Mulai	11.55				
	Selesai	12.10				
No	Suhu yang diamati	Waktu		Titik Lembek		Rata-Rata
		I	II	I	II	
1	5	-	-	5	5	58,5
2	10	115	115	10	10	
3	15	227	227	15	15	
4	20	370	370	20	20	
5	25	515	515	25	25	
6	30	645	645	30	30	
7	35	812	812	35	35	
8	40	1006	1006	40	40	
9	45	1230	1230	45	45	
10	50	1493	1493	50	50	
11	55	1751	1751	55	55	
12	60	1922	1977	58	59	
13	65					

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :



Tanda Tangan :

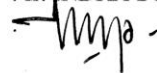


Mengetahui,


Manajer Teknis

: Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan



Lampiran 23 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 0%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	
<p>UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 0%</p>			

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
3,8	1	68,8	3,95	3,80	1199,80	1201,80	610,00	591,80	2,03	2,47	7,46	74,61	17,93	25,39	29,37	17,93	83	1415,98	0,88	1246,95	4,7	265,308
	2	67,2	3,95	3,80	1190,40	1192,60	643,00	549,60	2,17	2,47	7,97	79,71	12,32	20,29	39,27	12,32	78	1330,68	0,92	1220,90	4,8	254,354
	3	66,3	3,95	3,80	1191,80	1194,00	647,00	547,00	2,18	2,47	8,01	80,18	11,80	19,82	40,44	11,80	68	1160,08	0,94	1087,58	4,9	221,954
									2,12					21,83	36,36	14,02			1185,14	4,80	247,205	
4,3	1	64,6	4,49	4,30	1192,60	1195,20	557,80	637,40	1,87	2,45	7,79	68,50	23,71	31,50	24,72	23,71	81	1381,86	0,97	1343,86	4,4	305,422
	2	64,9	4,49	4,30	1193,20	1194,80	603,20	591,60	2,02	2,45	8,40	73,84	17,77	26,16	32,09	17,77	74	1262,44	0,97	1218,25	4,7	259,203
	3	65,2	4,49	4,30	1196,60	1199,80	607,00	592,80	2,02	2,45	8,40	73,90	17,70	26,10	32,19	17,70	65	1108,9	0,96	1062,46	4,6	230,971
									1,97					27,92	29,67	19,73			1208,19	4,57	265,199	
4,8	1	68,1	5,04	4,80	1197,60	1200,00	647,20	552,80	2,17	2,44	10,07	78,90	11,03	21,10	47,71	11,03	63	1074,78	0,90	961,93	4,9	196,312
	2	67,8	5,04	4,80	1198,20	1199,60	648,60	551,00	2,17	2,44	10,10	79,20	10,70	20,80	48,57	10,70	59	1006,54	0,90	908,40	4,5	201,867
	3	68,1	5,04	4,80	1199,00	1199,80	651,20	548,60	2,19	2,44	10,16	79,60	10,25	20,40	49,77	10,25	51	870,06	0,90	778,70	3,8	204,922
									2,18					20,77	48,68	10,66			883,01	4,40	201,034	
5,3	1	69,9	5,60	5,30	1197,20	1199,60	616,40	583,20	2,05	2,42	10,53	74,37	15,10	25,63	41,09	15,10	58	989,48	0,86	850,95	4,5	189,101
	2	68,4	5,60	5,30	1196,60	1197,20	652,00	545,20	2,19	2,42	11,26	79,51	9,23	20,49	54,96	9,23	51	870,06	0,89	772,72	3,9	198,134
	3	67,5	5,60	5,30	1198,20	1199,20	683,40	515,80	2,32	2,42	11,92	84,16	3,92	15,84	75,23	3,92	45	767,7	0,91	698,61	3,3	211,699
									2,19					20,65	57,09	9,42			774,09	3,90	199,645	
5,8	1	65,2	6,16	5,80	1194,80	1196,60	629,00	567,60	2,11	2,40	11,82	75,86	12,32	24,14	48,95	12,32	48	818,88	0,96	784,59	3,6	217,942
	2	65,8	6,16	5,80	1195,60	1198,60	682,40	516,20	2,32	2,40	13,00	83,47	3,53	16,53	78,65	3,53	42	716,52	0,95	678,45	3,2	212,017
	3	64,9	6,16	5,80	1197,20	1199,20	643,20	556,00	2,15	2,40	12,09	77,59	10,32	22,41	53,96	10,32	37	631,22	0,97	609,13	2,9	210,044
									2,19					21,03	60,32	8,72			690,72	3,23	213,334	

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST

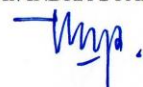
Tanda Tangan :




Mengetahui,

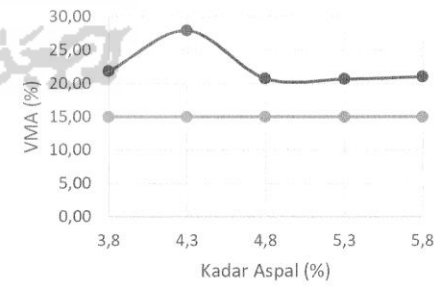
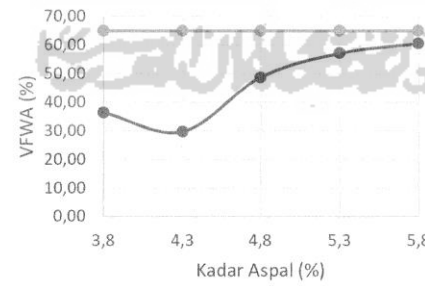
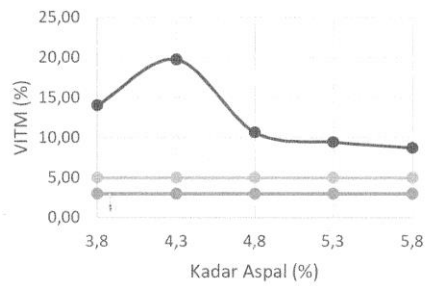
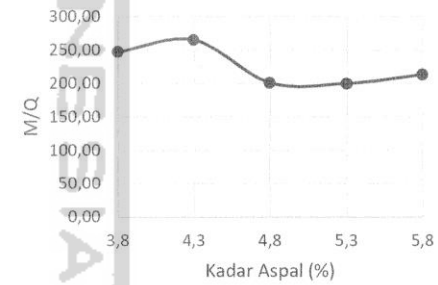
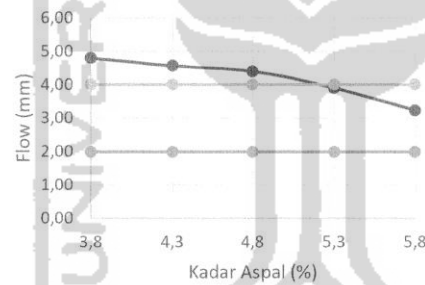
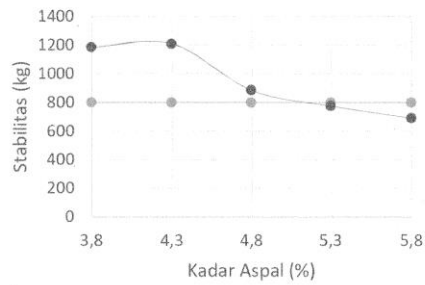
Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan :



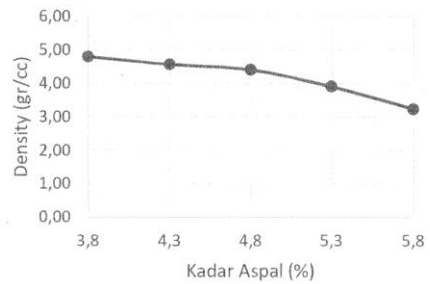
Lampiran 24 Grafik Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 0%

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	
UJI MARSHALL UNTUK Mencari KAO DENGAN PEREMAJA 0%			




Lanjutan Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 0%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 0%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	



Lampiran 25 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 2%

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 2%	Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
3,8	1	65,3	3,90	3,75	1197,60	1199,20	636,00	563,20	2,13	2,47	7,72	78,30	13,98	21,70	35,57	13,98	67	1143,02	0,96	1093,01	3,9	280,260
	2	65,5	3,90	3,75	1189,20	1192,60	671,20	521,40	2,28	2,47	8,28	83,98	7,74	16,02	51,69	7,74	64	1091,84	0,95	1039,98	4,1	253,653
	3	66,3	3,90	3,75	1190,60	1192,00	676,00	516,00	2,31	2,47	8,38	84,96	6,66	15,04	55,70	6,66	55	938,3	0,94	879,66	3,5	251,330
4,3	1	64,7	4,43	4,24	1190,40	1193,60	581,60	612,00	1,95	2,45	7,99	71,25	20,76	28,75	27,78	20,76	65	1108,9	0,97	1075,63	3,4	316,363
	2	65,1	4,43	4,24	1191,00	1193,20	613,20	580,00	2,05	2,45	8,43	75,22	16,35	24,78	34,03	16,35	60	1023,6	0,96	982,66	3,1	316,986
	3	65,4	4,43	4,24	1194,40	1197,60	617,00	580,60	2,06	2,45	8,45	75,36	16,19	24,64	34,28	16,19	52	887,12	0,95	846,65	2,8	302,373
4,8	1	68,05	4,97	4,73	1195,40	1196,20	645,40	550,80	2,17	2,44	9,94	79,10	10,96	20,90	47,55	10,96	61	1040,66	0,90	932,69	3,1	300,868
	2	68,9	4,97	4,73	1196,20	1197,80	648,60	549,20	2,18	2,44	9,98	79,38	10,64	20,62	48,38	10,64	49	835,94	0,89	741,37	2,9	255,646
	3	69,1	4,97	4,73	1199,40	1199,80	652,00	547,80	2,19	2,44	10,03	79,80	10,18	20,20	49,63	10,18	42	716,52	0,85	608,15	2,1	289,594
5,3	1	68,3	5,51	5,22	1194,00	1197,60	643,00	554,60	2,15	2,42	10,88	78,06	11,06	21,94	49,59	11,06	56	955,36	0,89	850,27	3,8	223,755
	2	68,6	5,51	5,22	1195,60	1198,20	678,80	519,40	2,30	2,42	11,63	83,46	4,90	16,54	70,34	4,90	50	853	0,88	754,37	2,0	377,186
	3	69,5	5,51	5,22	1197,80	1198,40	684,60	513,80	2,33	2,42	11,78	84,53	3,69	15,47	76,15	3,69	43	733,58	0,87	636,38	1,8	353,545
5,8	1	67,8	6,06	5,71	1198,60	1199,40	660,20	539,20	2,22	2,40	12,29	80,18	7,53	19,82	62,01	7,53	45	767,7	0,90	692,85	3,1	223,500
	2	65,9	6,06	5,71	1193,40	1197,20	612,20	585,00	2,04	2,40	11,28	73,58	15,14	26,42	42,69	15,14	41	699,46	0,95	660,99	2,5	264,396
	3	68,2	6,06	5,71	1199,00	1199,80	626,40	573,40	2,09	2,40	11,56	75,42	13,02	24,58	47,04	13,02	37	631,22	0,89	563,36	1,4	402,403

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :



Mengetahui,

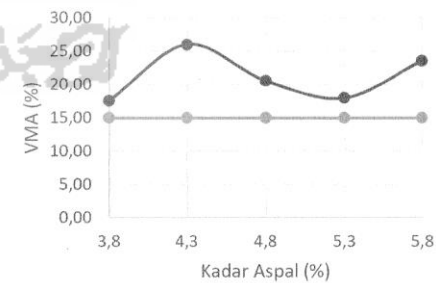
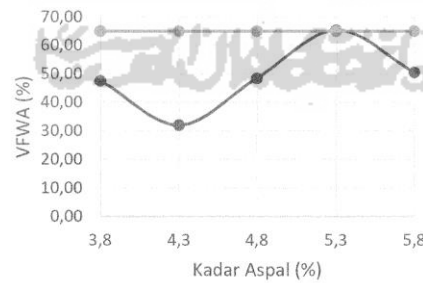
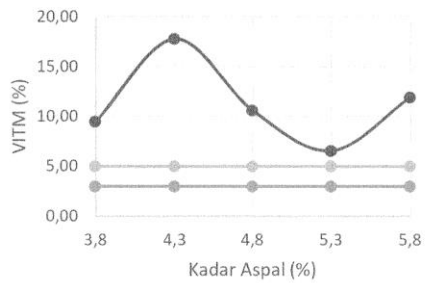
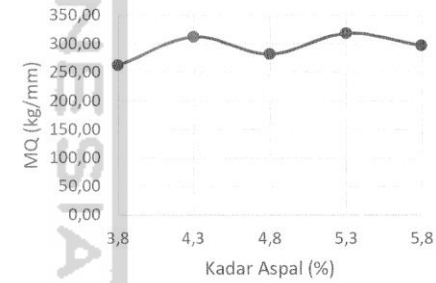
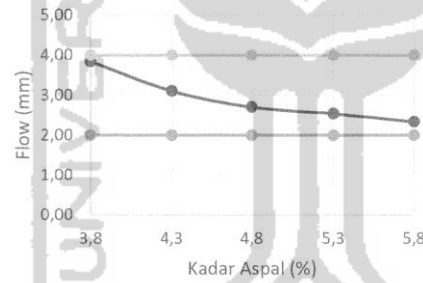
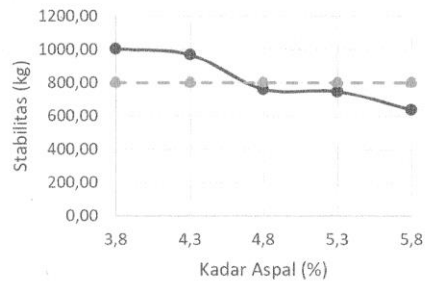
Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan :





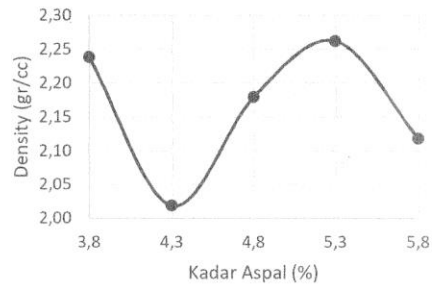
Lampiran 26 Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 2%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	
	No. Formulir	
	Terbitan/Revisi	
UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 2%		Tanggal Revisi




Lanjutan Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 2%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	
	No. Formulir	
	Terbitan/Revisi	
UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 2%		Tanggal Revisi
		



Lampiran 27 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 3%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	<p>UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 3%</p>	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
3,8	1	65,3	3,87	3,73	1194,20	1197,40	661,00	536,40	2,23	2,47	8,03	81,99	9,97	18,01	44,60	9,97	50	853	0,91	774,10	3,7	209,216
	2	65,5	3,87	3,73	1192,80	1195,60	660,80	534,80	2,23	2,47	8,05	82,14	9,81	17,86	45,06	9,81	47	801,82	0,91	728,65	3,5	208,187
	3	66,3	3,87	3,73	1194,60	1196,40	665,80	530,60	2,25	2,47	8,12	82,92	8,96	17,08	47,55	8,96	43	733,58	0,89	655,82	2,9	226,145
									2,24					17,65	45,74	9,58				719,52	3,37	214,516
4,3	1	64,7	4,40	4,21	1190,80	1196,40	603,80	592,60	2,01	2,46	8,19	73,63	18,17	26,37	31,07	18,17	64	1091,84	0,96	1044,07	3,5	298,306
	2	65,1	4,40	4,21	1191,40	1194,20	623,60	570,60	2,09	2,46	8,51	76,51	14,98	23,49	36,24	14,98	59	1006,54	0,95	956,84	3,6	265,789
	3	65,4	4,40	4,21	1194,80	1195,20	628,40	566,80	2,11	2,46	8,59	77,24	14,16	22,76	37,77	14,16	52	887,12	0,95	838,33	2,9	289,079
									2,07					24,20	35,03	15,77				946,41	3,33	284,392
4,8	1	68,05	4,93	4,70	1192,40	1199,20	634,60	564,60	2,11	2,44	9,60	77,00	13,40	23,00	41,74	13,40	59	1006,54	0,90	903,37	4,3	210,086
	2	68,9	4,93	4,70	1195,80	1198,60	644,80	553,80	2,16	2,44	9,82	78,72	11,46	21,28	46,14	11,46	56	955,36	0,91	866,99	3,9	222,305
	3	69,1	4,93	4,70	1198,60	1199,40	655,40	544,00	2,20	2,44	10,02	80,33	9,65	19,67	50,92	9,65	45	767,7	0,89	681,81	3,5	194,804
									2,16					21,52	46,27	11,50				817,39	3,90	209,063
5,3	1	68,3	5,46	5,18	1197,40	1199,60	680,00	519,60	2,30	2,42	11,56	83,59	4,85	16,41	70,44	4,85	62	1057,72	0,92	970,46	3,6	269,572
	2	68,6	5,46	5,18	1196,60	1198,60	679,60	519,00	2,31	2,42	11,56	83,63	4,81	16,37	70,65	4,81	51	870,06	0,93	804,81	3,4	236,708
	3	69,5	5,46	5,18	1198,40	1199,20	684,40	514,80	2,33	2,42	11,68	84,44	3,88	15,56	75,04	3,88	43	733,58	0,90	662,06	2,5	263,692
									2,31					16,11	72,03	4,51				812,44	3,17	256,657
5,8	1	67,8	6,01	5,67	1195,80	1198,20	652,80	545,40	2,19	2,41	12,03	79,12	8,85	20,88	57,61	8,85	33	562,98	0,92	515,13	2,3	223,968
	2	65,9	6,06	5,71	1197,80	1199,80	652,60	547,20	2,19	2,40	12,10	78,96	8,94	21,04	57,51	8,94	45	767,7	0,92	706,28	3,1	227,834
	3	68,2	6,06	5,71	1198,20	1199,40	657,40	542,00	2,21	2,40	12,22	79,74	8,04	20,26	60,33	8,04	40	682,4	0,93	632,93	2,4	263,719
									2,20					20,73	58,48	8,61				618,11	2,60	238,507

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Tanda Tangan :



Manajer Teknis
Tanda Tangan

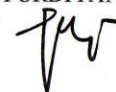
Mengetahui,

: Ir. INDRA SYAHFARI



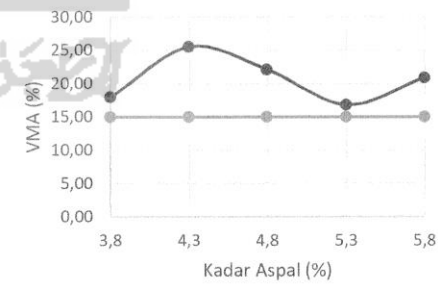
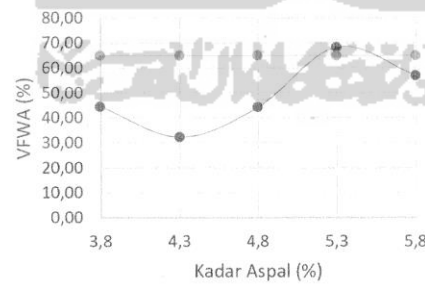
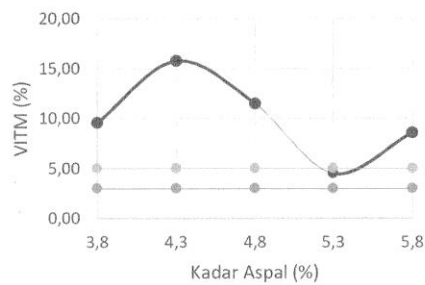
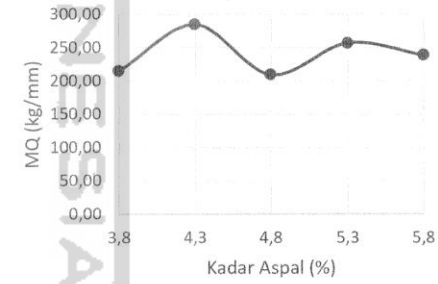
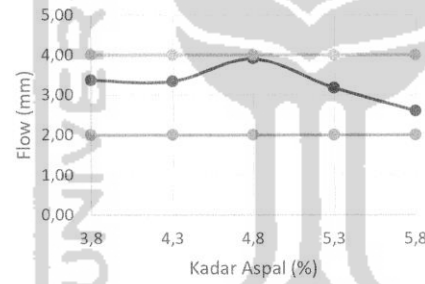
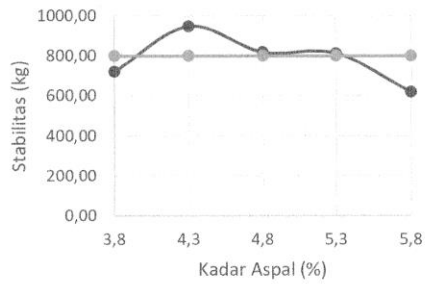
Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :



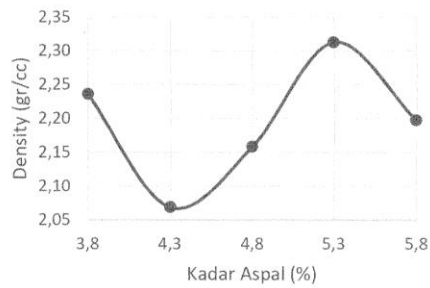
Lampiran 28 Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 3%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	
UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 3%			




Lanjutan Grafik Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 3%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR		
	No. Formulir		
	Terbitan/Revisi		
UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 3%		Tanggal Revisi	




Lampiran 29 Hasil Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 4%


 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 4%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
3,8	1	66,5	3,84	3,70	1195,40	1197,80	659,00	538,80	2,22	2,47	7,95	81,73	10,32	18,27	43,52	10,32	51	870,06	0,93	812,42	3,8	213,794
	2	66,4	3,84	3,70	1193,60	1195,20	658,80	536,40	2,23	2,47	7,97	81,97	10,05	18,03	44,24	10,05	48	818,88	0,94	766,16	3,4	225,343
	3	67,4	3,84	3,70	1196,40	1198,80	664,00	534,80	2,24	2,47	8,02	82,41	9,57	17,59	45,58	9,57	43	733,58	0,91	669,39	3,1	215,933
4,3	1	64,1	4,36	4,18	1191,00	1192,20	607,60	584,60	2,04	2,46	8,25	74,68	17,08	25,32	32,57	17,08	69	1177,14	0,99	1159,48	3,9	297,303
	2	63,7	4,36	4,18	1192,60	1197,80	607,40	590,40	2,02	2,46	8,18	74,04	17,78	25,96	31,50	17,78	65	1108,9	1,00	1103,36	3,5	315,244
	3	63,9	4,36	4,18	1196,20	1199,20	612,20	587,00	2,04	2,46	8,25	74,70	17,05	25,30	32,60	17,05	58	989,48	0,99	979,59	3,1	315,995
4,8	1	68,3	4,89	4,66	1198,40	1199,20	611,40	587,80	2,04	2,44	9,20	74,36	16,44	25,64	35,88	16,44	54	921,24	0,89	819,90	3,1	264,485
	2	67,9	4,89	4,66	1197,60	1198,80	649,40	549,40	2,18	2,44	9,84	79,50	10,66	20,50	47,99	10,66	55	938,3	0,90	844,47	2,9	291,197
	3	68,1	4,89	4,66	1196,60	1199,00	651,60	547,40	2,19	2,44	9,87	79,73	10,41	20,27	48,66	10,41	50	853	0,90	763,44	2,7	282,754
5,3	1	65,8	5,42	5,14	1209,20	1214,80	678,20	536,60	2,25	2,42	11,22	81,77	7,01	18,23	61,54	7,01	70	1194,2	0,95	1130,76	3,9	289,938
	2	66,5	5,42	5,14	1198,40	1199,20	678,80	520,40	2,30	2,42	11,46	83,57	4,97	16,43	69,75	4,97	55	938,3	0,93	876,14	3,5	250,325
	3	67,2	5,42	5,14	1196,20	1199,20	684,20	515,00	2,32	2,42	11,56	84,29	4,15	15,71	73,58	4,15	53	904,18	0,92	829,59	3,1	267,608
5,8	1	67,5	5,96	5,62	1199,40	1200,00	650,80	549,20	2,18	2,41	11,89	78,85	9,27	21,15	56,19	9,27	35	597,1	0,91	543,36	2,4	226,400
	2	68,1	5,96	5,62	1197,80	1199,60	651,60	548,00	2,19	2,41	11,90	78,92	9,19	21,08	56,42	9,19	47	801,82	0,90	717,63	3,1	231,493
	3	68,3	5,96	5,62	1196,60	1199,20	655,80	543,40	2,20	2,41	11,98	79,50	8,51	20,50	58,47	8,51	42	716,52	0,89	637,70	2,7	236,186


Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI


Tanda Tangan : 

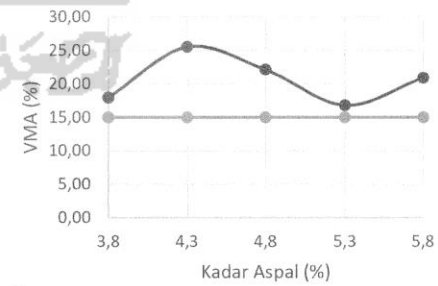
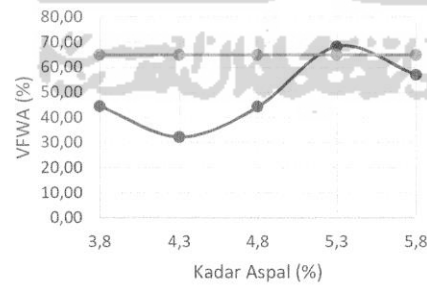
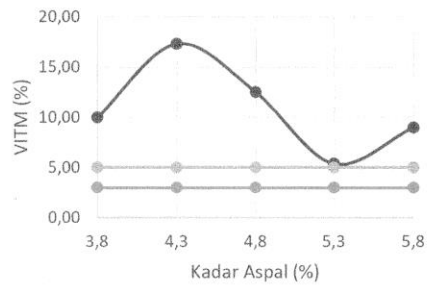
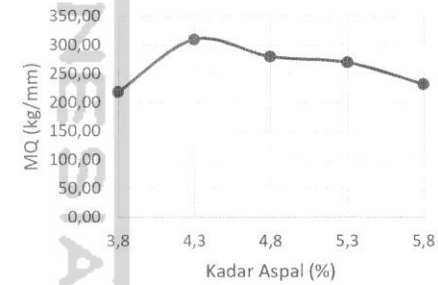
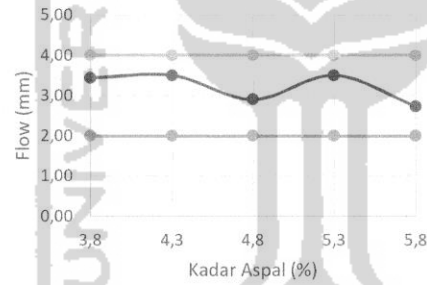
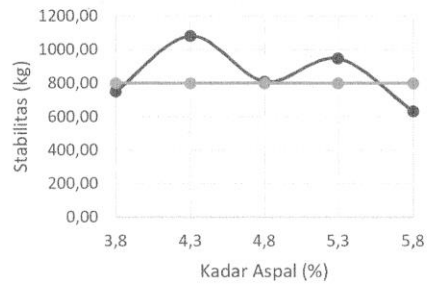
Mengetahui,
Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan : 

Penyelia : PURDIYANTO, ST


Tanda Tangan : 

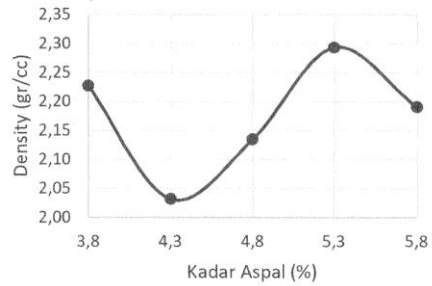
Lampiran 30 Grafik Pengujian Marshall untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 4%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	<p>FORMULIR</p> <p>UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 4%</p>	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	




Lanjutan Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 4%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	<p>UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 4%</p>		Tanggal Revisi



Lampiran 31 Hasil Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 6%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 6%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
3,8	1	66,5	3,79	3,65	1197,00	1198,40	654,40	544,00	2,20	2,48	7,78	81,10	11,12	18,90	41,17	11,12	54	921,24	0,96	884,39	3,2	276,372
	2	66,4	3,79	3,65	1196,40	1197,80	597,20	600,60	1,99	2,48	7,04	73,42	19,54	26,58	26,50	19,54	50	853	0,94	801,29	2,8	286,174
	3	67,4	3,79	3,65	1199,20	1199,80	661,40	538,40	2,23	2,48	7,88	82,09	10,03	17,91	43,99	10,03	45	767,7	0,91	696,69	2,7	258,033
									2,14					21,13	37,22	13,56			794,12	2,90	273,526	
4,3	1	64,1	4,30	4,12	1192,40	1195,80	603,40	592,40	2,01	2,46	8,03	73,83	18,14	26,17	30,69	18,14	71	1211,26	0,98	1187,03	4,2	282,627
	2	63,7	4,30	4,12	1193,40	1196,20	614,20	582,00	2,05	2,46	8,18	75,21	16,61	24,79	33,01	16,61	67	1143,02	0,98	1123,02	3,7	303,518
	3	63,9	4,30	4,12	1197,40	1198,80	620,00	578,80	2,07	2,46	8,26	75,88	15,87	24,12	34,23	15,87	59	1006,54	0,98	981,38	3,5	280,393
									2,04					25,03	32,64	16,87			1097,14	3,80	288,846	
4,8	1	68,3	4,81	4,59	1190,80	1196,00	662,00	534,00	2,23	2,44	9,91	81,39	8,70	18,61	53,27	8,70	49	835,94	0,88	739,28	2,9	254,926
	2	67,9	4,81	4,59	1193,20	1193,80	643,40	550,40	2,17	2,44	9,64	79,12	11,24	20,88	46,17	11,24	51	870,06	0,89	771,09	2,6	296,573
	3	68,1	4,81	4,59	1197,80	1198,60	656,00	542,60	2,21	2,44	9,81	80,57	9,61	19,43	50,51	9,61	49	835,94	0,88	736,15	2,4	306,729
									2,20					19,64	49,99	9,85			748,84	2,63	286,076	
5,3	1	65,8	5,33	5,06	1199,20	1200,20	673,60	526,60	2,28	2,43	11,16	82,71	6,13	17,29	64,54	6,13	72	1228,32	0,95	1169,97	4,2	278,565
	2	66,5	5,33	5,06	1198,40	1199,20	675,80	523,40	2,29	2,43	11,22	83,16	5,62	16,84	66,62	5,62	64	1091,84	0,94	1021,55	3,5	291,872
	3	67,2	5,33	5,06	1197,20	1199,80	682,20	517,60	2,31	2,43	11,34	84,00	4,66	16,00	70,87	4,66	54	921,24	0,88	809,54	3,9	207,574
									2,29					16,71	67,34	5,47			1000,36	3,87	259,337	
5,8	1	67,5	5,86	5,53	1194,20	1195,00	664,00	531,00	2,25	2,41	12,05	81,27	6,68	18,73	64,33	6,68	40	682,4	0,95	648,71	2,7	240,262
	2	68,1	5,86	5,53	1193,80	1197,60	664,80	532,80	2,24	2,41	12,00	80,97	7,03	19,03	63,07	7,03	38	648,28	0,95	618,70	2,5	247,481
	3	68,3	5,86	5,53	1194,80	1196,20	671,20	525,00	2,28	2,41	12,19	82,24	5,57	17,76	68,65	5,57	37	631,22	0,94	591,77	5,0	118,354
									2,26					18,50	65,35	6,42			619,73	3,40	202,032	

Pontianak, 16 Oktober 2019

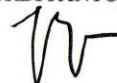
Pelaksana : ALIVIA A YU PRATIWI
Tanda Tangan :




Mengetahui,
Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan :

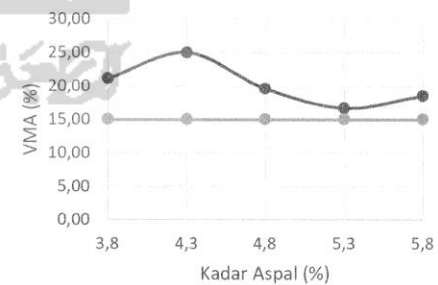
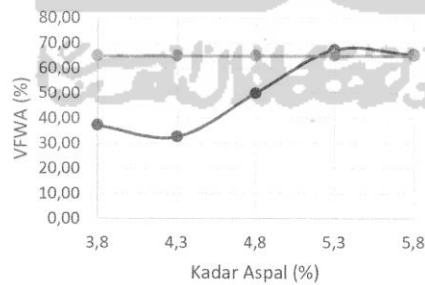
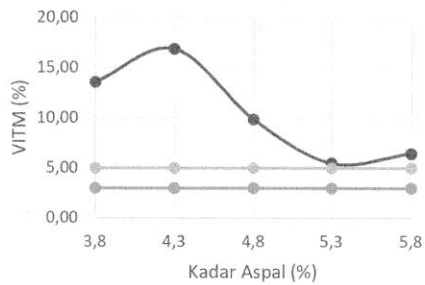
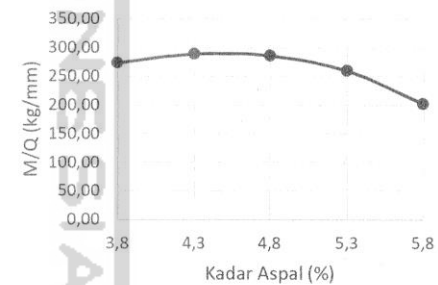
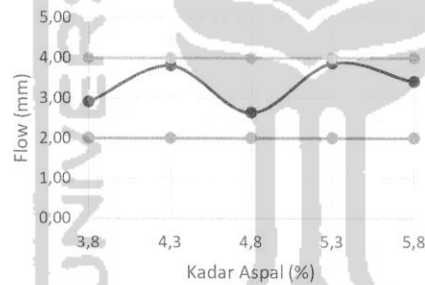
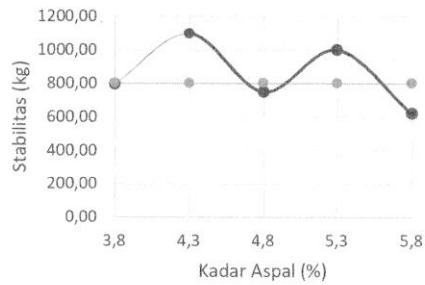


Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :




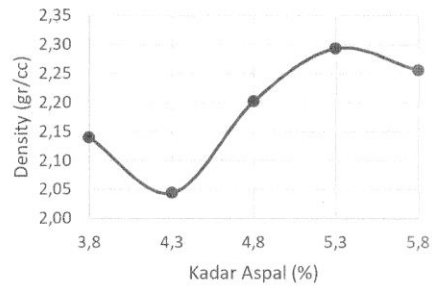
Lampiran 32 Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 6%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 6%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	



Lanjutan Grafik Pengujian *Marshall* untuk Mencari KAO dengan Kadar Peremaja 4%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	<p>UJI MARSHALL UNTUK MENCARI KAO DENGAN PEREMAJA 6%</p>	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	



Lampiran 33 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar RAP 0%

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL DENGAN KANDUNGAN RAP 0%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
4,97	1	64,3	5,23	4,97	1193,20	1193,40	674,40	519,00	2,30	2,43	11,06	83,58	5,36	16,42	67,36	5,36	73	1245,38	0,98	1220,47	4,1	297,676
	2	64,3	5,23	4,97	1192,60	1192,60	678,80	513,80	2,32	2,43	11,17	84,38	4,45	15,62	71,51	4,45	76	1296,56	0,98	1270,63	3,2	397,072
	3	63,5	5,23	4,97	1191,40	1190,20	663,20	527,00	2,26	2,43	10,88	82,19	6,94	17,81	61,06	6,94	70	1194,2	1,00	1194,20	3,9	306,205
									2,29					16,62	66,64	5,58				1228,43	3,73	333,651


Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
 Tanda Tangan :

Pontianak, 16 Oktober 2019

Penyelia : PURDIYANTO, ST
 Tanda Tangan :

Mengetahui,
 Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
 Tanda Tangan :

Lampiran 34 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar RAP 25%

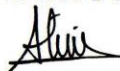
 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL DENGAN KANDUNGAN RAP 25%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
4,97	1	62,80	5,14	4,89	1195,60	1196,20	672,40	523,80	2,28	2,43	10,81	83,05	6,14	16,95	63,77	6,14	84	1433,04	1,02	1458,12	4,6	316,982
	2	64,50	5,14	4,89	1194,80	1195,40	677,20	518,20	2,31	2,43	10,92	83,89	5,19	16,11	67,78	5,19	90	1535,4	0,98	1497,02	4,1	365,126
	3	63,10	5,14	4,89	1193,60	1194,20	661,60	532,60	2,24	2,43	10,62	81,54	7,85	18,46	57,50	7,85	85	1450,1	1,01	1464,60	3,5	418,457
									2,28					17,18	63,02	6,39				1473,24	4,07	366,855

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan :



Lampiran 35 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar RAP 30%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	<p align="center">UJI MARSHALL DENGAN KANDUNGAN RAP 30%</p>		Tanggal Revisi

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T		
4,97	1	64,10	5,15	4,90	1198,80	1200,20	685,80	514,40	2,33	2,43	11,05	84,79	4,16	15,21	72,63	4,16	118	2013,08	0,99	1982,88	5,2	381,324		
	2	63,90	5,15	4,90	1198,20	1199,40	690,20	509,20	2,35	2,43	11,16	85,61	3,23	14,39	77,52	3,23	112	1910,72	0,99	1891,61	4,7	402,471		
	3	64,20	5,15	4,90	1196,80	1198,00	674,00	524,00	2,28	2,43	10,83	83,09	6,08	16,91	64,05	6,08	115	1961,9	0,98	1927,57	4,6	419,036		
									2,32							15,50	71,40	4,49				1934,02	4,83	400,944

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan :



Lampiran 36 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar RAP 50%

 UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL DENGAN KANDUNGAN RAP 50%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T			
4,97	1	64,1	5,17	4,92	1197,00	1200,40	688,00	512,40	2,34	2,43	11,12	84,97	3,91	15,03	73,98	3,91	120	2047,2	0,99	2016,49	4,9	411,529			
	2	64,2	5,17	4,92	1196,40	1199,40	692,40	507,00	2,36	2,43	11,23	85,84	2,94	14,16	79,27	2,94	122	2081,32	0,98	2044,90	3,9	524,333			
	3	63	5,17	4,92	1195,20	1197,00	676,20	520,80	2,29	2,43	10,92	83,48	5,60	16,52	66,09	5,60	117	1996,02	1,01	2020,97	4,8	421,035			
									2,33							15,24	73,11	4,15					2027,45	4,53	452,299

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI

Tanda Tangan :



Penyelia : PURDIYANTO, ST

Tanda Tangan :




Mengetahui,

Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI

Tanda Tangan :



Lampiran 37 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar RAP 75%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
	UJI MARSHALL DENGAN KANDUNGAN RAP 75%	Terbitan/Revisi	
		Tanggal Revisi	

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
4,97	1	66,2	5,19	4,94	1199,60	1204,60	667,80	536,80	2,23	2,43	10,68	81,27	8,05	18,73	57,03	8,05	127	2166,62	0,94	2035,27	4,4	462,561
	2	66,4	5,19	4,94	1199,00	1203,80	672,00	531,80	2,25	2,43	10,78	81,99	7,23	18,01	59,84	7,23	125	2132,5	0,94	1995,22	4,5	443,382
	3	65,1	5,19	4,94	1197,80	1199,20	656,40	542,80	2,21	2,43	10,55	80,25	9,20	19,75	53,41	9,20	129	2200,74	0,96	2112,71	3,7	571,003
									2,23					18,83	56,76	8,16				2047,73	4,20	492,315

Pontianak, 16 Oktober 2019

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
Tanda Tangan :




Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan :




Mengetahui,
Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan :





Lampiran 38 Hasil Pengujian Marshall dengan Kadar RAP 100%

 <p>UNIT PELAKSANAAN TEKNIS LABORATORIUM BAHAN KONSTRUKSI DINAS PU DAN PENATAAN RUANG PROV. KALBAR</p>	FORMULIR	No. Formulir	
		Terbitan/Revisi	
	UJI MARSHALL DENGAN KANDUNGAN RAP 100%		Tanggal Revisi

Aspal	no	t	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	T
4,97	1	67,8	5,22	4,96	1225,20	1228,40	685,80	542,60	2,26	2,43	10,84	82,10	7,06	17,90	60,56	7,06	130	2217,8	0,90	2001,56	5,9	339,248
	2	68,1	5,22	4,96	1225,80	1227,80	687,20	540,60	2,27	2,43	10,89	82,44	6,67	17,56	62,00	6,67	135	2303,1	0,90	2061,27	5,5	374,777
	3	66,8	5,22	4,96	1225,00	1227,00	685,40	541,60	2,26	2,43	10,86	82,23	6,91	17,77	61,13	6,91	132	2251,92	0,93	2088,66	5,4	386,788
									2,26				17,74	61,23	6,88				2050,50	5,60	366,938	

Pelaksana : ALIVIA AYU PRATIWI
Tanda Tangan : 

Pontianak, 16 Oktober 2019
Penyelia : PURDIYANTO, ST
Tanda Tangan : 

Mengetahui,
Manajer Teknis : Ir. INDRA SYAHFARI
Tanda Tangan : 

Lampiran 39 Hasil Pengujian *Cantabro*



LABORATORIUM
JALAN RAYA
JURUSAN TEKNIK SIPIL

FAKULTAS
TEKNIK SIPIL
& PERENCANAAN

Gedung KH. Natsir
Kampus Terpadu Universitas Islam Indonesia
Jl. Kaliurang km 14,5 Yogyakarta 55584
T. (0274) 898444 ext.3200, 3201
F. (0274) 895330
E. dekanat.ftsp@uii.ac.id
W. ftsp.uii.ac.id

PENGUJIAN CANTABRO PADA CAMPURAN RAP – MATERIAL BARU

Tahun Uji : 2019
Tipe Campuran : AC-WC

Kode Sampel	Berat Sebelum (Gram)	Berat Sesudah (Gram)	Selisih	<i>Cantabro</i> Loss (%)
0% 1	1194,23	1090,86	103,37	8,66
0% 2	1196,54	1142,25	54,29	4,54
0% 3	1194,69	1103,7	90,99	7,62
				6,94
25% 1	1195,74	1102	93,74	7,84
25% 2	1192,45	1133,93	58,52	4,91
25% 3	1192,13	1131,18	60,95	5,11
				5,95
30% 1	1195,21	1126,86	68,35	5,72
30% 2	1190,62	1139,5	51,12	4,29
30% 3	1194	1129,64	64,36	5,39
				5,13
50% 1	1198,99	1130,1	68,89	5,75
50% 2	1192,6	1129,89	62,71	5,26
50% 3	1194,74	1096,86	97,88	8,19
				6,40
75% 1	1195,55	1118,82	76,73	6,42
75% 2	1201,27	1085,62	115,65	9,63
75% 3	1204,65	1081,1	123,55	10,26
				8,77
100% 1	1202,48	1081,84	120,64	10,03
100% 2	1201,81	1081,22	120,59	10,03
100% 3	1204,13	1070,36	133,77	11,11
				10,39

Mengetahui,
Ka. Lab. Jalan Raya

Ir. Subarkah, M.T.

Peneliti

Alivia Ayu Pratiwi