

TUGAS AKHIR

ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS *LOW DENSITY POLYTHYLENE (LDPE)* PADA CAMPURAN LASTON AC-WC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL *(Studi Penelitian)*

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat-Syarat Memperoleh
Gelar Sarjana Pada Fakultas Teknik Sipil
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

DISUSUN OLEH :

WAHYU DEWANTARA

1807210077



UMSU

Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
2023

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wahyu Dewantara
Npm : 1807210077
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian *Marshall*
Bidang Ilmu : Transport

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Februari 2023

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, MT

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Wahyu Dewantara
Npm : 1807210077
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian *Marshall*
Bidang Ilmu : Transport

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan di terima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Februari 2023

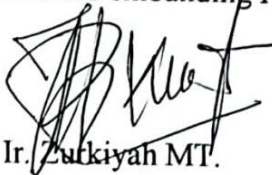
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Pembimbing



Ir. Sri Asfiati, M.T

Dosen Pembanding I



Ir. Zurkiyah MT.

Dosen Pembanding II



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

Ketua Prodi Teknik Sipil



Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T, M.Sc

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Wahyu Dewantara
Tempat/Tanggal Lahir : Lubuk Pakam / 28 April 2000
NPM : 1807210077
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

“Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall (Studi Penelitian) ”.

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinil dan otentik.

Bila kemudian hari diduga ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kerjasama saya.

Demikian surat pernyataan ini saya perbuat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 15 Februari 2023

Saya yang menyatakan,



Wahyu Dewantara

ABSTRAK

ANALISIS PENAMBAHAN LIMBAH PLASTIK JENIS *LOW DENSITY POLYTHYLENE* (LDPE) PADA CAMPURAN LASTON AC-WC DENGAN PENGUJIAN MARSHALL

Wahyu Dewantara

1807210077

Ir. Sri Asfiati, M.T

Perkerasan Jalan merupakan campuran antara agregat dengan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Dengan agregat halus dan agregat kasar sebagai agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Dalam pengerjaan perkerasan jalan dibutuhkan mutu perkerasan yang baik. Maka dengan ini perkerasan haruslah memiliki mutu aspal yang baik juga. Dengan inovasi menambahkan bahan aditif seperti Karet (EVA) dan *Polythylene* (PET, HDPE dan LDPE) dapat meningkatkan mutu aspal dengan melihat adanya peningkatan nilai stabilitas *Marshall*. Penggunaan bahan aditif seperti limbah plastik *Low Density Polythylene* sebagai bahan tambah aspal juga diharapkan menjadi solusi akan masalah sampah plastik yang ada di Indonesia. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental yang dilaksanakan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak. Kadar plastik LDPE yang digunakan yaitu 1,5%, 2% dan 2,5%. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi dari penambahan plastik LDPE dengan metode *Marshall* dan untuk mengetahui KAO pada penambahan plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dari berat total aspal yang digunakan dalam campuran aspal panas untuk lapis AC-WC. Dari hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa semua persen variasi penambahan plastik LDPE lolos standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 seperti nilai Stabilitas, Bulk density, VIM, VMA, dan Flow. Penambahan limbah plastik LDPE berpengaruh baik dan dapat meningkatkan kinerja campuran aspal dengan melihat adanya peningkatan nilai Stabilitas pada penambahan limbah plastik LDPE. Nilai Stabilitas tertinggi didapati pada kadar variasi 2,5% yaitu 1210 kg. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan plastik LDPE maka nilai stabilitas juga meningkat. Variasi penambahan plastik LDPE dengan kualitas optimum terdapat pada kadar 2,5% dengan nilai KAO 5,65%.

Kata kunci: Perkerasan Jalan, *Polythylene*, Plastik *Low Density Polythylene* (LDPE), *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), *Marshall*.

ABSTRACT

ANALYSIS OF ADDITIONAL TYPE OF LOW DENSITY POLYETHYLENE (LDPE) IN AC-WC LASTON MIXED WITH MARSHALL TEST

Wahyu Dewantara

1807210077

Ir. Sri Asfiati, M.T

Road Pavement is a mixture of aggregate and binder used to serve traffic loads. With fine aggregate and coarse aggregate as aggregate and asphalt as binder. In the construction of road pavement required good quality pavement. So with this pavement must have good quality asphalt as well. With innovation adding additives such as Rubber (EVA) and Polyethylene (PET, HDPE and LDPE) can improve the quality of asphalt by seeing an increase in Marshall stability values. The use of additives such as Low Density Polyethylene plastic waste as asphalt additives is also expected to be a solution to the problem of plastic waste in Indonesia. The method used in this study is an experimental method carried out at the Laboratory of PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak. The levels of LDPE plastic used are 1.5%, 2% and 2.5%. This study aims to determine the effect of variations in the addition of LDPE plastic using the Marshall method and to determine the KAO in the addition of LDPE plastic 1.5%, 2% and 2.5% of the total weight of asphalt used in the hot asphalt mixture for AC-WC coating. The results of the research conducted show that all variations in the addition of LDPE plastic pass the 2018 General Highways Specifications standards such as Stability, Bulk density, VIM, VMA, and Flow values. The addition of LDPE plastic waste has a good effect and can improve the performance of the asphalt mixture by observing an increase in the Stability value in the addition of LDPE plastic waste. The highest stability value was found at the 2.5% variation content, namely 1210 kg. With this it can be concluded that the greater the addition of LDPE plastic, the stability value also increases. Variations in the addition of LDPE plastic with optimum quality are found at 2.5% content with a KAO value of 5.65%.

Keywords: *Road Pavement, Polyethylene, Low Density Polyethylene (LDPE) Plastic, Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), Marshall.*

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Ibu Ir. Sri Asfiati, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Ibu Ir Zurkiyah, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Dr. Fahrizal Zulkarnain, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara serta selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Ibu Rizki Efrida, S.T., M.T. selaku Sekretaris Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik sipilan kepada penulis.

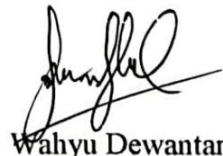
7. Terimakasih yang istimewa sekali kepada Ayahanda tercinta Hariyadi SE dan Ibunda tercinta Tamiyem dan adik saya yang senantiasa memberi kasih sayang dan mendoakan tanpa henti. Serta senantiasa memberi dukungan baik secara moril maupun material selama penulis menempuh pendidikan di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, Fakultas Teknik program studi Teknik Sipil.
8. Seluruh Sahabat-sahabat penulis khususnya teman penelitian aspal yang aktif membantu serta memberi saran dalam penulisan Tugas Akhir ini. Serta teman-teman kelas B1 pagi Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang saya cintai.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang membangun untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan.

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih dan rasa hormat yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini. Semoga Tugas Akhir bisa memberikan manfaat bagi kita semua terutama bagi penulis dan juga bagi teman-teman mahasiswa Teknik Sipil khususnya.

Medan, 15 Februari 2023

Penulis



Wahyu Dewantara

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
<i>ABSTRACT</i>	v
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Ruang Lingkup	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Aspal	5
2.1.1. Fungsi Aspal	6
2.1.1. Jenis-Jenis Aspal	6
2.2 Lapis Aspal Beton (Laston)	7
2.1.1. Pengujian Terhadap Aspal	11
2.1.1. Aspal Modifikasi	12
2.3 Agregat	13
2.4.1. Agregat Halus	14
2.4.2. Agregat Kasar	14
2.4.3. Bahan Pengisi (<i>Filler</i>)	15
2.4 Plastik	16

2.5 Gradasi Agregat Gabungan	18
2.6 Pengujian Marshall	19
2.7 Penelitian Terdahulu	25
BAB 3 METODE PENELITIAN	27
3.1 Skema Penelitian	27
3.2 Lokasi dan Metode Penelitian	28
3.3 Teknik Pengumpulan Data	29
3.4 Bahan dan Peralatan	29
3.4.1. Bahan	29
3.4.2. Peralatan	30
3.5 Tahapan Pemeriksaan Material	30
3.5.1. Pemeriksaan Pada Aspal	31
3.5.2. Pemeriksaan Pada Agregat	31
3.5.3. Pemeriksaan Keausan Agregat dengan Mesin Los Angeles	32
3.6 Tahap Pembuatan Benda Uji	32
3.7 Pengujian dengan Alat <i>Marshall</i>	33
3.8 Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal	34
3.9 Proporsi Campuran Kadar Aspal Penambahan Plastik LDPE	35
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	39
4.1 Hasil Penelitian	39
4.1.1. Hasil Gradasi Agregat	39
4.1.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis	43
4.1.3 Hasil Pemeriksaan Aspal	45
4.1.4 Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji	46
4.2 Analisis dan Pembahasan	49
4.3 Perbandingan Pengaruh Penambahan Limbah Plastik LDPE Lapis AC-WC Dengan Lapis AC-BC	57
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC	8
Tabel 2.2 : Spesifikasi Propertis Aspal	12
Tabel 2.3 : Persyaratan Aspal Modifikasi	12
Tabel 2.4 : Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston Modifikasi (AC <i>Modified</i>)	13
Tabel 2.5 : Ketentuan Agregat Halus	14
Tabel 2.6 : Ketentuan Agregat Kasar	15
Tabel 2.7 : Kode Jenis Plastik	16
Tabel 2.8 : Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal	19
Tabel 3.1 : Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal 5%	34
Tabel 3.2 : Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal 5,5%	35
Tabel 3.3 : Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal 6%	35
Tabel 3.4 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5% Variasi 1,5%	35
Tabel 3.5 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5% Variasi 2%	36
Tabel 3.6 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5% Variasi 2,5%	36
Tabel 3.7 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5,5% Variasi 1,5%	37
Tabel 3.8 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5,5% Variasi 2%	37
Tabel 3.9 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5,5% Variasi 2,5%	37
Tabel 3.10 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 6% Variasi 1,5%	38
Tabel 3.11 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 6% Variasi 2%	38
Tabel 3.10 : Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 6% Variasi 2,5%	38
Tabel 4.1 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat kasar (CA) ¾' Inch.	39

Tabel 4.2 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat kasar (MA) 1/2'Inch.	39
Tabel 4.3 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat halus pasir (SA)	39
Tabel 4.4 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat halus abu batu (FA)	40
Tabel 4.5 : Hasil Kombinasi gradasi agregat standar.	40
Tabel 4.6 : Berat Agregat yang digunakan dalam untuk benda uji standar.	41
Tabel 4.7 : Berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan bahan tambah plastik LDPE dengan persen variasi 1,5%.	42
Tabel 4.8 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA $\frac{3}{4}$ Inch.	42
Tabel 4.9 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA $\frac{1}{2}$ Inch.	43
Tabel 4.10 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus (<i>Sand</i>).	44
Tabel 4.11 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus Abu Batu.	45
Tabel 4.12 : Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak).	45
Tabel 4.13 : Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran normal	47
Tabel 4.14 : Rekapitulasi hasil uji <i>Marshall</i> campuran dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% pada keadaan KAO	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 : Bagan Alir	27
Gambar 4.1 : Gradasi Agregat Campuran Aspal AC-WC.	42
Gambar 4.2 : Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO)	49
Gambar 4.3 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Bulk Density (gr/cc) campuran normal.	50
Gambar 4.4 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Bulk Density (gr/cc) menggunakan bahan plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.	50
Gambar 4.5 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Stabilitas (kg) campuran normal.	51
Gambar 4.6 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Stabilitas (kg) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.	51
Gambar 4.7 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Air Voids</i> (%) campuran normal.	52
Gambar 4.8 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Air Voids</i> (%) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.	52
Gambar 4.9 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Voids Filled</i> (%) campuran normal.	53
Gambar 4.10 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Voids Filled</i> (%) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%	53
Gambar 4.11 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) campuran normal.	54
Gambar 4.12 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.	54
Gambar 4.13 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Flow</i> (mm) campuran normal.	55
Gambar 4.14 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Flow</i> (mm) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.	55
Gambar 4.15 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan <i>Marshall Quotient</i> (kg/mm) campuran normal.	56

Gambar 4.16 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall Quotient* (kg/mm) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan populasi ke empat terbesar didunia, dan diproyeksikan akan terus tumbuh dari tahun ke tahun. Seiring dengan jumlah populasi penduduk yang tinggi, Indonesia mengalami salah satu problematika yang serius yaitu limbah plastik. Dari data Badan Pusat Statistik (BPS) 2021 menyebutkan limbah plastik Indonesia mencapai 66 juta ton per tahun. Melihat hal ini, salah satu langkah yang dapat dilakukan sebagai upaya mengurangi limbah plastik yaitu dengan *recycle* (daur ulang) seperti memanfaatkan limbah plastik menjadi bahan tambah aditif pada campuran aspal atau dikenal sebagai modifikasi aspal (Badan Pusat Statistik, 2021).

Sejak tahun 2018 pemerintah Indonesia melalui Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melakukan inovasi pengembangan teknologi campuran aspal plastik dan aspal karet yang diterapkan diberbagai ruas jalan di Indonesia seperti Jakarta, Bekasi, Denpasar, Makasar dan Tangerang. Hal ini dilakukan sebagai upaya pemerintah dalam mengurangi dan memanfaatkan kembali limbah plastik (Kementerian PUPR, 2018).

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan jalan raya. Satu hal yang menjadikan aspal sebagai material yang sering digunakan dalam pembuatan jalan raya yaitu karena hasil akhirnya baik dan nyaman sebagai perkerasan *fleksibel*. Pada struktur sebuah jalan raya terdapat lapis perkerasan, lapis perkerasan ini berfungsi sebagai pemberi pelayanan terhadap lalu lintas dan menerima segala beban repetisi lalu lintas oleh kendaraan bermotor setiap harinya. Menurut bahan pengikatnya struktur perkerasan terbagi menjadi dua jenis yaitu perkerasan kaku (*rigid pavement*) dan perkerasan lentur (*flexible pavement*). Dari segi kenyamanan perkerasan lentur (*flexible pavement*) jauh lebih unggul daripada perkerasan kaku (*rigid pavement*). Tetapi dalam pemakaiannya, perkerasan lentur lebih cepat akan mengalami kerusakan. Hal ini

disebabkan oleh penggunaan konstruksi jalan yang tidak sesuai dengan pemakaiannya, dalam hal ini beban repetisi lalu lintas kendaraan bermotor yang berlebih sehingga jalan tidak sanggup dalam menanggung beban tersebut. Dan penyebab selanjutnya yaitu diakibatkan oleh air.

Salah satu cara untuk meningkatkan mutu aspal sekaligus mengantisipasi kerusakan dini pada perkerasan jalan akibat beban muatan dan pengaruh air yaitu dengan cara memodifikasi aspal, seperti melakukan penambahan bahan aditif terhadap campuran aspal itu sendiri. Penambahan plastik diharapkan mampu mengatasi kelemahan sifat aspal yang tidak tahan akan genangan air, dikarenakan sifat plastik sendiri yaitu anti air. Pada penelitian ini digunakan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) pada campuran Laston AC-WC sebagai bahan aditif campuran aspal. Maksud penambahan limbah plastik pada campuran aspal karena melihat sifat plastik yang anti air, sehingga diharapkan kelemahan aspal yang kurang tahan akan air ini dapat ditingkatkan melalui limbah plastik. Dan dengan hal itu pula, diharapkan dengan penelitian ini dapat menjawab problematika limbah plastik yang ada di Indonesia dengan memanfaatkannya menjadi bahan tambah pada campuran Laston AC-WC.

Pada penelitian ini penulis mencoba mencari tahu bagaimana karakteristik campuran aspal AC-WC dengan adanya penambah limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan menggunakan metode *Marshall*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) terhadap karakteristik campuran Aspal lapis AC-WC ?
2. Berapa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) pada penambahan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) setiap masing-masing variasi dengan persentase 1,5%, 2%, dan 2,5% dalam campuran aspal lapis AC-WC?

1.3 Ruang Lingkup Penelitian

Adapun ruang lingkup penelitian pada penulisan skripsi ini, yaitu sebagai berikut :

1. Pada penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara.
2. Pada penelitian ini dibatasi hanya meninjau pada lapisan perkerasan aspal AC-WC.
3. Pada penelitian ini menggunakan standart Spesifikasi Bina Marga 2018.
4. Bahan tambah limbah plastik menggunakan limbah plastik bekas yang ada di lingkungan dengan jenis *Low Density Polythylene* (LDPE).
5. Plastik *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan kadar 1,5%, 2% dan 2,5%.
6. Aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal penetrasi 60/70.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi dari penambahan limbah plastik *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan metode *marshall*.
2. Untuk mengetahui Kadar Aspal Optimum (KAO) pada penambahan variasi persentase 1,5%, 2% dan 2,5% limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) dari berat total aspal yang digunakan dalam campuran aspal panas untuk lapisan AC-WC

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian yang dilakukan yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh penambahan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) terhadap karakteristik campuran AC-WC.
2. Mengetahui berapa nilai uji *Marshall* dengan menggunakan limbah plastik jenis LDPE pada campuran aspal AC-WC
3. Membantu mengurangi limbah plastik yang sulit terurai dilingkungan sekitar.

1.6 Sistematika Penulisan

Adapun sistematika penulisan pada tugas akhir ini yaitu sebagai berikut :

BAB 1. PENDAHULUAN

Pada bab ini menjelaskan informasi awal dari apa yang ingin disampaikan pada keseluruhan penelitian ini. Mengenai latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika penulisan.

BAB 2. STUDI PUSTAKA

Pada bab ini menguraikan hal-hal dasar teori yang ada didalam penulisan tugas akhir ini.

BAB 3. METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan uraian proses penelitian, dimulai dari proses tahap persiapan material dan pemeriksaan material, tahap pembuatan benda uji, tahap pengumpulan data yang diperoleh dari Pengujian Marshall.

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini berisi hasil pemeriksaan aspal dan agregat dan juga pengujian *Marshall*. Pada bab ini pula dikaji hubungan pengaruh penambahan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) terhadap lapisan aspal AC-WC.

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang hasil dari kesimpulan dari penelitian yang diambil dari Analisa data, hipotesis serta pembahasan. Dan juga berisi tentang saran yang memuat masukan-masukan dari penulis terkait dengan penelitian dan diuraikan dengan kelemahan penelitian.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Secara historis istilah aspal sendiri berasal dari bahas Yunani kuno yaitu *Asphaltos*, kemudian dari bangsa Romawi mengubah kata tersebut menjadi *Asphaltus*, lalu kata tersebut diadaptasi ke dalam bahasa Inggris menjadi kata *Asphalt*. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang terbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastik. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. (Silvia Sukirman., 2003).

Aspal memiliki fungsi sebagai pengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas, sebagai bahan pelapis dan perekat agregat, sebagai lapis resap pengikat (*prime coat*), sebagai lapis pengikat (*tack coat*) dan sebagai pengisi ruang kosong antara agregat kasar, agregat halus dan *filler*. (Silvia Sukirman., 2003).

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 homogen, harus dipanaskan terlebih dahulu. Karena dicampur dalam keadaan panas, maka sering disebut *hot mix*. Semua pekerjaan pencampuran *hot mix* dilakukan di pabrik pencampuran yang disebut sebagai *Asphalt Mixing Plant* (AMP).

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010, terdapat tiga jenis campuran beraspal di Indonesia yaitu :

1. Latasir (Lapis Tipis Aspal Pasir/*Sans Sheet*)

Latasir merupakan lapis penutup permukaan perkerasan yang terdiri atas agregat halus atau pasir ataupun campuran keduanya dan aspal keras yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.

2. Laston (Lapis Tipis Aspal Beton/*Hot Rolled Sheet*)

Laston merupakan lapis penutup perkerasan yang terdiri dari campuran agregat bergradasi senjang, filler dan aspal keras dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara panas pada temperatur tertentu.

3. Laston (Lapis Aspal Beton/Asphalt Concrete)

Laston merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat bergradasi menerus (*well graded*) dengan perbandingan tertentu yang dicampur, dihampar dan dipadatkan secara panas pada temperatur tertentu.

2.1.1 Fungsi Aspal

Aspal memiliki banyak fungsi, termasuk sebagai bahan konstruksi jalan. Beberapa fungsi tersebut yaitu :

- a. Pengikat batuan agar tidak lepas dari permukaan jalan akibat lalu lintas (*waterproofing* maka tahan terhadap erosi).
- b. Sebagai bahan pelapis dan perekat agregat.
- c. Sebagai pengisi ruang kosong antara agregat kasar, agregat halus dan *filler*.
- d. Lapis resap pengikat (*Prime coat*) yaitu lapisan tipis aspal cair yang diletakkan di atas lapis pondasi sebelum lapis berikutnya.
- e. Lapis pengikat (*Tack out*) yaitu lapis aspal cair yang diletakkan diatas jalan yang telah beraspal sebelum lapis berikutnya diaplikasikan. Aspal berfungsi sebagai pengikat antara keduanya.

2.1.2 Jenis-Jenis Aspal

Berdasarkan dari cara memperolehnya, jenis aspal yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan terdiri dari aspal alam dan aspal buatan.

1. Aspal alam

Aspal alam merupakan aspal yang langsung berasal dari alam, tanpa adanya sebuah pengolahan-pengolahan yang rumit. Aspal alam bisa ditemukan di Republik Trinidad tepatnya di danau Pitch. Jika di Indonesia dapat diperoleh dari sumber terbesar yaitu di Pulau Buton di Sulawesi Tenggara.

2. Aspal buatan

Aspal buatan adalah aspal yang terbuat dari minyak bumi yang diproses dengan metode tertentu yang relatif rumit.

- a. Aspal Keras atau Aspal Semen (*Asphalt Cement/AC*) adalah aspal yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. Penetrasi dari aspal ini berkisar antara 60-80. Aspal keras ini biasanya digunakan untuk campuran *hot mix* perkerasan jalan aspal.
- b. Aspal Cair adalah aspal yang berbentuk cair. Aspal cair ini juga berfungsi sebagai bahan perkerasan jalan meliputi lapis resap pengikat (*primecoat*) dengan aspal tipe MC-30, MC-70 atau MC-250. Selain itu juga digunakan sebagai lapis pengikat (*tack out*) dengan tipe RC-70 atau RC-250.
- c. Aspal Emulsi adalah aspal yang berbentuk keras yang dispersikan kedalam air atau aspal cair yang dikeraskan memakai bahan pengemulsi. Kelebihan dari aspal ini adalah mudah digunakan, memiliki daya ikat yang baik dan tahan terhadap cuaca.

2.2 Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi terus menerus (*well graded*) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Aspal Beton (Laston) dimaksudkan untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara (*binder*) pada perkerasan jalan yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi konstruksi dibawahnya (Bina Marga, 1987).

Untuk aspal yang digunakan dalam sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70, 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang telah ditetapkan.

Menurut Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III Tahun 2010, Laston/*Asphalt Concrete (AC)* terbagi atas tiga yaitu :

1. Laston lapis Atas/*Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*

Lapis ini merupakan lapisan yang langsung berhubungan dengan roda kendaraan dan meneruskan beban ke lapisan dibawahnya. Lapisan ini dirancang tahan terhadap gesekan dan tekanan roda ban kendaraan, cuaca serta kedap terhadap air.

2. Laston lapis pengikat/*Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)*

Lapisan ini merupakan lapisan yang terletak dibawah lapis aus dan tidak berhubungan langsung dengan roda kendaraan dan cuaca. Tetapi lapisan ini harus memiliki ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk dapat mengurangi tegangan yang diberikan beban lalu lintas dan diteruskan ke lapisan dibawahnya, yaitu lapis pondasi.

3. Laston Lapis Pondasi/*Asphalt Concrete-Base (AC-Base)*

Lapisan ini merupakan lapisan terbawah yang perlu memiliki stabilitas tinggi untuk dapat menahan beban lalu lintas yang disebarkan roda kendaraan.

Untuk melihat ketentuan mengenai sifat-sifat campuran Laston AC bisa dilihat pada Tabel 2.1

Tabel 2.1:Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston AC (Spesifikasi Umum Ditjen Bina Marga, 2018).

Sifat-Sifat Campuran		Laston		
		Lapis aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah tumbukan perbidang		75		112
Rasio partikel loloa ayakan 0,075 mm kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga terisi aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	800		1800
Pelelehan (mm)	Min	2		3
	Maks	4		6
Stabilitas marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam,60°C	Min	90		
	Maks			
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (fefusal)	Min	2		

Menurut Sukirman 2003, pada campuran aspal harus memiliki tujuh karakteristik yang harus dipenuhi, tujuh karakteristik tersebut yaitu :

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas pada hal ini merupakan kemampuan suatu perkerasan untuk dapat menerima beban lalu lintas dan melawan deformasi atau perubahan bentuk. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai-nilai stabilitas beton aspal adalah :

- a. Gesekan internal (*Internal friction*) yang disebabkan oleh kekasaran permukaan butir-butir agregat, luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi, agregat, kepadatan campuran dan tebal film aspal.
- b. Kohesi (*cohesion*) atau gaya ikat aspal yang disebabkan oleh daya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Durabilitas (*Durability*)

Durabilitas atau keawetan merupakan kemampuan aspal beton untuk dapat menerima repetisi beban lalu lintas. Faktor-faktor yang memengaruhi durabilitas atau keawetan lapis aspal beton antara lain :

a. *Void In the Mix* (VIM)

Apabila nilai VIM lebih kecil akan menyebabkan terjadinya oksidasi dan kerapuhan pada aspal akibat dari kedapnya lapisan terhadap air dan udara tidak masuk kedalam campuran.

b. *Void In the Mineral Aggregate* (VMA)

Apabila VMA, VIM dan kadar aspal tinggi dapat menyebabkan kemungkinan terjadinya *bleeding* yang cukup besar.

c. Film/Selimut Aspal

Tebalnya film/selimut aspal dapat menyebabkan tingginya durabilitas lapis aspal beton dan kemungkinan *bleeding* yang besar.

3. Fleksibilitas (*Flexibility*)

Fleksibilitas atau kelenturan merupakan kemampuan aspal beton untuk dapat menyesuaikan diri terhadap perubahan bentuk dari lapisan dibawahnya tanpa terjadi retak, seperti terjadinya penurunan (*konsolidasi/settlement*). Fleksibilitas

tinggi dapat diperoleh dengan menggunakan aspal lunak dan menggunakan aspal yang cukup banyak.

4. Ketahanan Terhadap Kelelahan (*Fatigue Resistance*)

Ketahanan terhadap kelelahan atau *fatigue resistance* merupakan kemampuan aspal beton untuk dapat menerima lendutan berulang akibat repetisi beban, tanpa terjadinya kelelahan berupa alur dan retak. Faktor-faktor yang memengaruhi *fatigue resistance* yaitu :

a. *Void In the Mix* (VIM)

VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.

b. *Void In the Mineral Aggregate* (VMA)

VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

5. Kekesatan Permukaan (*Skid Resistance*)

Kekesatan permukaan merupakan kemampuan permukaan aspal beton untuk dapat memberikan gaya gesek terhadap roda kendaraan agar tidak tergelincir terutama saat kondisi basah. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kekesatan permukaan adalah kekasaran permukaan dari butir-butir agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran serta tebal film aspal.

6. Impermeabilitas (*Impermeability*)

Impermeabilitas atau *impermeability* merupakan kemampuan aspal beton untuk kedap terhadap air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan film/selimut aspal dari permukaan agregat. Tingkat impermeabilitas aspal beton berbanding terbalik dengan tingkat durabilitasnya.

7. Kemudahan Dalam Pelaksanaan (*Workability*)

Kemudahan dalam pelaksanaan atau *workability* merupakan kemampuan campuran aspal beton untuk dapat dengan mudah dicampurkan, dihamparkan, dan

dipadatkan. Faktor-faktor yang memengaruhi *workability* adalah viskositas aspal, kepekaan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

2.2.1 Pengujian Terhadap Aspal

Untuk mengetahui apakah aspal yang digunakan dalam penelitian ini telah sesuai dengan syarat-syarat yang telah ditentukan, maka perlu adanya pengujian propertis aspal. Adapun beberapa pemeriksaan yang dilakukan pada penelitian ini adalah penetrasi, titik lembek, berat jenis dan, daktilitas.

a. Penetrasi

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kekerasan suatu aspal dan menentukan angka penetrasi aspal yang akan menjadi acuan spesifikasi pada karakteristik lainnya.

b. Titik Lembek

Pengujian titik lembek dimaksudkan untuk mengetahui tingkat suhu di mana aspal mulai lembek akibat suhu udara, sehingga dalam perencanaan jalan dapat diperkirakan bahwa aspal yang digunakan masih tahan dengan suhu di lokasi tersebut. Dengan kata lain pengujian ini bertujuan untuk menentukan temperatur kelelahan aspal sebagai benda uji. Tes ini dilakukan dengan cara melihat waktu dan suhu yang di butuhkan bola baja untuk dapat mendorong aspal yang berada pada cincin kuningan untuk menyentuh plat dasar.

c. Berat Jenis

Berat jenis adalah nilai perbandingan antara massa dan volume dari bahan yang akan diuji. Batasan minimal yang dicantumkan dalam spesifikasi syarat berat jenis 1,0 gram/cc.

d. Daktilitas

Pengujian daktalitas bertujuan untuk mengukur jarak terpanjang yang dapat ditarik antar kedua cetakan berisi benda uji sebelum putus pada kecepatan tarikan dan suhu tertentu. Untuk mengetahui dari spesifikasi propertis aspal dapat dilihat pada tabel 2.2 berikut ini.

Tabel 2.2 : Spesifikasi Propertis Aspal (Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi III, 2010)

No	Jenis Pemeriksaan	Unit	Metode uji	Aspal 60/70		Aspal Modifikasi
				min	max	min
1	Penetrasi 25°	0,1 mm	SNI-06-2456-1991	60	70	40
2	Titik lembek	°C	SNI 2434-2011	48		≥ 54
3	Berat Jenis Aspal		SNI 2441-2011	≥ 1		≥ 1
4	Daktalitas	Cm	SNI 2432-2011	≥ 100		≥ 100

2.2.2 Aspal Modifikasi

Aspal modifikasi adalah aspal keras yang ditingkatkan mutunya dengan maksud untuk meningkatkan mutu kinerja aspal yang diinginkan, dengan cara memberikan suatu bahan tambah. Aspal modifikasi memiliki sifat mekanik yang jauh lebih baik daripada dengan aspal dasarnya. Menurut Syahputri (2014), penggunaan aspal modifikasi kian mengalami peningkatan dalam beberapa dekade terakhir. Di Indonesia sendiri diperkenalkan pertama kali pada tahun 1995 di Padang oleh *Shell*, dan diproduksi lokal digelar pada tahun 1996 di Jalan Tol Simatupang berupa lapis tipis di atas perkerasan beton semen dengan hasil mencapai umur lebih dari 12 tahun (aspal + latex + selulosa).

Modifikasi aspal dengan bahan tambah polimer terbukti memberikan peningkatan kinerja aspal dan memperpanjang umur kekuatan/masa layan perkerasan tersebut (Sengoz dan Isikyakar, 2008). Polimer sendiri dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu Plastomer (plastik) dan Elastomer (Karet). Untuk menghasilkan aspal yang layak digunakan sebagai perkerasan lentur wajib memenuhi persyaratan yang telah diatur oleh Bina Marga. Pada tabel 2.3 berikut dapat kita lihat persyaratan-persyaratan tersebut.

Tabel 2.3 : Persyaratan Aspal Modifikasi (*Spesifikasi Umum Bina Marga, 2010*)

No	Jenis Pengujian	Metode pengujian	Persyaratan		Satuan
			min	max	
1	Penetrasi	SNI-06-2456-1991	40	-	0,1 mm

Tabel 2.3 : *Lanjutan*

NO	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Persyaratan		Satuan
			min	mix	
2	Titik nyala	SNI-06-2433-1991	232	-	°C
3	Titik lembek	SNI-06-2434-1991	54	-	°C
4	Daktilitas	SNI-06-2432-1991	100	-	cm
5	Berat jenis	SNI-06-2441-1991	1	-	gr/cm ³
6	Viskositas	SNI-06-6441-2000	-	3000	cSt

Tabel 2.4 : Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston Modifikasi Laston (AC *Modified*) (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Sifat-sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Risiko partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min	0,6		
	Maks	1,2		
Rongga dalam campuran (%)	Min	3,0		
	Maks	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	65	65	65
Stabilitas Marshall (Kg)	Min	1000		2250
	Maks	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min	2		
Stabilitas Dinamis, lintasan/mm	Min	2500		

2.3 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan (SNI No:1737-1989-F). Agregat merupakan komponen struktural utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu sebesar 90% - 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75% - 85% agregat berdasarkan presentase volume. (Silvia Sukirman,2003).

Dengan demikian, penentuan mutu perkerasan jalan sendiri ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain. Untuk menentukan kualitas agregat sebagai

2.3.1 Agregat Halus

Agregat halus adalah pasir alam sebagai hasil disintegrasi alami batuan ataupun pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu dan mempunyai ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm (lolos saringan no.4). Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih terbebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Fungsi utama agregat halus adalah memberikan stabilitas dan mengurangi deformasi permanen permukaan dari perkerasan melalui keadaan saling mengunci dan gesekan antar butiran.

Tabel 2.5 : Ketentuan Agregat Halus (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min. 50 %
Uji Kadar Rongga Tanpa Pematatan	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 %

2.3.2 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah kerikil sebagai hasil disintegrasi dari bebatuan alami atau berupa batu pecah/belah yang dihasilkan dari industri pemecah batu, dengan ukuran butir lebih besar dari 4,75 mm (tertahan saringan no.4). Dengan agregat kasar menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan dalam lalu lintas.

Tabel 2.6 : Ketentuan Agregat Kasar (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018)

Pengujian		Metoda Pengujian	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 dan SMA	100 putaran	Maks. 6 %
		500 putaran	Maks. 30 %
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8 %
		500 putaran	Maks. 40 %
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439:2011	Min. 95 %
Butir Pecah pada Agregat Kasar	SMA	SNI 7619:2012	100/90
	Lainnya		95/90
Partikel Pipih dan Lonjong	SMA	ASTM D4791-10 Perbandingan 1:5	Maks. 5 %
	Lainnya		Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200		SNI ASTM C117:20212	Maks. 1 %

Catatan :

*) 100/90 menunjukkan bahwa 100% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dari 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih 10.

***) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai bidang pecah dua atau lebih.




2.3.3 Bahan Pengisi (*Filler*)

Bahan pengisi atau *Filler* merupakan bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan agregat kasar, dengan ukuran lolos 100% saringan no.200 (0,075 mm) dan paling kurang 75% lolos saringan no.200. Bahan pengisi (*filler*) berupa semen (PC), abu terbang (*fly ash*), debu batu kapur, serta abu batu yang harus kering dan bebas dari gumpalan bahan lain yang mengganggu. Bahan pengisi (*filler*) sendiri berfungsi sebagai elemen pengikat antar agregat agar membentuk satu kesatuan yang solid dan kokoh yang lalu diikat oleh aspal sesuai proporsi.





2.4 Plastik

Plastik merupakan suatu komoditas yang biasa digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan atau produk yang digunakan terbuat dari plastik dan sering digunakan sebagai bahan pengemas suatu produk. Jenis plastik yang biasa digunakan sebagai kemasan suatu produk makanan dan minuman berjenis *Polyethylene* atau nama umumnya adalah *Thermoplastic*. Untuk dapat lebih mengenai lebih lengkap jenis-jenis plastik, dapat kita lihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.7 : Kode Jenis Plastik (Badan Pengawas Obat dan Minuman, 2016).

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
Polyethylene Terephthalate (PET)		Jernih, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80°C	Botol minuman, minyak goreng, selai peanut butter, kecap dan sambal, try biscuit
High Density Polyethylene (HDPE)		Keras hingga semi fleksibel, tahan terhadap bahan kimia dan kelembaban, permeable terhadap gas, permukaan berkilin (waxy), buram (opaque), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75°C	Botol susu cair dan juice, tutup plastic, kantong belanja dan wadah es krim
Polyvinyl Chloride (PVC)		Kuat, keras, bisa jernih, bentuk bisa diubah dengan pelarut, melunak pada suhu 80°C	Botol juice, air mineral, minyak sayur, kecap sambal, pembungkus makanan (food wrap)

Tabel 2.7 : Lanjutan

Jenis Polimer	Kode	Sifat	Penggunaan
Low Density Polyethylene (LDPE)		Mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, melunak pada suhu 7-°C	Pot yoghurt, kantong belanja (kresek), kantong roti dan makanan segar, botol yang dapat ditekan
Polypropylene (PP)		Keras tapi fleksibel, kuat, permukaan berkilin, tidak jernih tapi tembus cahaya, tahan terhadap bahan kimia, panas dan minyak, melunak pada suhu 140°C	Pembungkus biscuit, kantong chips kentang, krat sereal, pita perekat kemasan dan sedotan
Polystyrene (PS)		Jernih seperti kaca, kaku, getas, buram, terpengaruh lemak dan pelarut, mudah dibentuk, melunak pada suhu 95°C	Wadah makanan beku, sendok dan garpu
Polisitiren Busa (EPS- 'Stryofoam)		Bentuk busa, ringan, getas, kaku, biasanya berwarna putih	Wadah makanan siap saji dan cup kopi
Other – lainnya (misalnya polikarbonat)		Keras, jernih, tahan panas	Galon air mineral, botol susu bayi
Melamin Formadehid (MF)	Tidak dapat didaur ulang (Termoset)	Keras, kuat, mudah diwarnai, bebas rasa dan bau, tahan terhadap pelarut dan noda, kurang tahan terhadap asam dan alkali	Peralatan makan : gelas, mangkok, sednok dan piring

Pada penelitian ini saya menggunakan plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan tambah pada campuran laston. LDPE adalah termoplastik, yaitu jenis plastik yang biasa diolah lewat pemanasan dan pendinginan. Plastik ini terbuat dari minyak bumi yang telah diproduksi sejak tahun 1933. Karakteristik plastik jenis ini relatif tipis, lentur, jernih dan ringan sehingga mudah dijadikan

beragam material atau produk. Contoh penggunaan plastik yaitu sebagai kantong belanja (kresek), kantong roti dan makanan segar, botol yang dapat ditekan. LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin sebesar 50%-60% dan memiliki titik leleh 115°.

Menurut Zoorob S.E., 2000 pencampuran plastik guna meningkatkan kinerja campuran beraspal terdapat dua cara, yaitu :

- a. Cara basah (*wet process*) adalah suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan kedalam aspal panas dan diaduk dengan kecepatan tinggi sampai menjadi homogen. Namun cara ini membutuhkan dana yang mahal karena dalam prosesnya membutuhkan bahan bakar dan mixer berkecepatan tinggi sehingga aspal modifikasi yang dihasilkan harganya menjadi lebih mahal dibanding dengan aspal konvensional.
- b. Cara kering (*dry process*) adalah suatu cara pencampuran dimana plastik dimasukkan ke dalam agregat yang dipanaskan pada temperatur campuran, kemudian ditambahkan aspal panas. Cara ini jauh lebih simpel dan lebih murah dibanding dengan cara basah (*wet process*) karena apabila tangki aspal akan digunakan untuk keperluan pencampuran aspal dengan aspal konvensional. Tidak perlu ada aspal yang harus dikeluarkan dari tangki aspal AMP. Selain lebih mudah, karena cara kering (*dry process*) cukup memasukkan plastik kedalam agregat panas, tanpa perlu adanya mixer. Tetapi walaupun begitu, cara ini memiliki kelemahan, yaitu ke homogenan kadar plastik yang dimasukkan dan di campurkan harus lebih benar-benar dipertanggung jawabkan.

2.5 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal ditunjukkan dalam persen terhadap berat bahan pengisi dan agregat, harus memenuhi batas-batas yang diberikan dalam Tabel 2.5. Rancangan dan perbandingan campuran untuk gradasi agregat gabungan harus mempunyai jarak terhadap batas-batas yang tertera dalam Tabel 2.5 (Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018).

Tabel 2.8 : Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal (Bina Marga, 2018)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat							
		Stone Matrix (SMA)			Lataston (HRS)		Laston (AC)		
AST M	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	Base	WC	BC	Base
1½"	37,5								100
1"	25			100				100	90-100
¾"	19		100	90-100	100	100	100	90-100	76-90
½"	12,5	100	90-100	50-88	90-100	90-100	90-100	75-90	60-78
⅜"	9,5	70-95	50-80	25-60	75-85	65-90	77-90	66-82	52-71
No. 4	4,75	30-50	20-35	20-28			53-69	46-64	35-54
No. 8	2,36	20-30	16-24	16-24	50-72	35-55	33-53	30-49	23-41
No. 16	1,18	14-21					21-40	18-38	13-30
No. 30	0,600	12-18			35-60	15-35	14-30	12-28	10-22
No. 50	0,300	10-15					9-22	7-20	6-15
No. 100	1,150						6-15	5-13	4-10
No. 200	0,075	8-12	8-11	8-11	6-10	2-9	4-9	4-8	3-7

2.6 Pengujian Marshall

Pengujian Marshall bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran dan kadar aspal optimum. Prinsip dasar metode marshall adalah pemeriksaan nilai stabilitas dan nilai kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Hubungan antara ketahanan (stabilitas) dan kelelahan (*flow*) adalah berbanding lurus, maksudnya semakin besar stabilitas, semakin besar pula *flow*nya dan begitu juga sebaliknya. Jadi semakin besar stabilitasnya maka aspal akan semakin mampu menahan beban, demikian pula sebaliknya. Dan jika *flow* semakin tinggi maka kemampuan aspal dalam menahan beban lalu lintas semakin baik.

Untuk nilai stabilitas minimal pada campuran beraspal adalah sebesar 800 kg dan besar nilai kelelahan adalah 2-4 mm (Spesifikasi Umum Bina Marga, Revisi III, 2010). Pada aspal modifikasi nilai stabilitas sedikit berbeda, namun untuk besar nilai kelelahan sama yaitu sebesar 2-4 mm. Untuk nilai stabilitas aspal

modifikasi adalah sebesar 1000 kg. Sifat-sifat campuran aspal beton dapat dilihat dari parameter-parameter berikut ini :

a. Stabilitas (*stability*)

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan dapat menerima beban lalu lintas tanpa mengalami perubahan bentuk tetap (deformasi permanen). Seperti contoh alur (*rutting*), gelombang, maupun mengalami kerusakan jenis kegemukan (*bleeding, flushing*). Stabilitas dapat dihitung dalam rumus sebagai berikut :

$$S = p \times q \times r \quad (2.1)$$

Keterangan :

S = Nilai stabilitas

p = Kalibrasi

q = Pembacaan dial *Marshall*

r = Koreksi benda uji

b. Kelelehan (*flow*)

Kelelehan adalah deformasi vertikal yang terjadi mulai awal pembebanan sampai kondisi stabilitas menurun, yang menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada lapis perkerasan akibat menahan beban yang diterimanya. Dalam kata lain kelelehan (*flow*) adalah keadaan dimana campuran beraspal mengalami besarnya penurunan yang ditunjukkan setelah stabilitas mengalami penurunan, dinyatakan pada satuan (mm).

c. Kepadatan (*Density*)

Kepadatan (*density*) adalah tingkat kerapatan campuran aspal setelah dilakukan pemadatan. Jika nilai kepadatan campuran aspal didapat tinggi, maka hal ini menunjukkan bahwa kerapatan campuran beraspal semakin baik. Sehingga campuran beraspal tersebut akan mampu menahan beban besar dengan baik. Nilai kepadatan (*density*) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$f = d - e \quad (2.2)$$

$$g = \frac{c}{f} \quad (2.3)$$

Keterangan :

f = Volume benda uji (cc)

e = Berat benda uji dalam air (gr)

d = Berat benda uji jenuh (gr)

c = Berat kering/sebelum direndam (gr)

g = Nilai kepadatan (gr/cc)

d. Rongga Udara (VIM)

Rongga udara (VIM) menunjukkan nilai presentase rongga-rongga yang tersisa dalam campuran beraspal setelah dipadatkan. Nilai VIM ini berpengaruh pada keawetan dari campuran aspal agregat, semakin tinggi nilai VIM maka semakin tinggi pula besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat *porrus*. Untuk menentukan volume rongga dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut :

$$\text{VIM} = \left(100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}} \right) \% \quad (2.4)$$

Keterangan :

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen dari total volume.

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran.

G_{mb} = Berat jenis curah campuran padat.

e. Hasil Bagi Marshall (*Marshall Quotient*)

Nilai *Marshall quotient* menyatakan sifat kekakuan suatu campuran. *Marshall quotient* merupakan hasil bagi stabilitas kelelahan. Semakin tinggi nilai *Marshall quotient* yang didapatkan maka semakin tinggi pula kekakuan campuran beraspal dan semakin rentan campuran tersebut terhadap keretakan.

Untuk dapat menentukan nilai *Marshall quotient* dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$\text{Marshall quotient} = \frac{\text{stabilitas}}{\text{kelelahan}} \quad (2.5)$$

f. Rongga Antar Agregat (VMA)

Rongga antar agregat adalah rongga yang terdapat diantara partikel agregat pada suatu perkerasan, termasuk volume aspal efektif dan rongga udara. yang dinyatakan dalam persen terhadap volume total benda uji (Puslitbang, 2000).

VMA dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{VMA} = \left(100 - \frac{\text{Gmb} - \text{PS}}{\text{Gsb}} \right) \% \quad (2.6)$$

Keterangan :

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

Gsb = Berat jenis curah agregat

Gmb = Berat jenis curah campuran padat

PS = Agregat, persen berat total campuran

Jika komposisi campuran ditentukan sebagai persen berat agregat, dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{VMA} = 100 - \frac{\text{Gmb}}{\text{Gsb}} \times \frac{100}{100 + \text{Pb}} \quad (2.7)$$

Keterangan :

Gmb = Berat jenis curah campuran aspal

Gsb = Berat jenis curah agregat

Pb = Aspal, persen berat agregat

g. *Void Filled with Asphalt* (VFA)

VFA adalah rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan yang telah dinyatakan dalam persen terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), sehingga antar nilai VMA dan VFA mempunyai kaitan yang erat. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai VFA adalah gradasi agregat, kadar aspal, energy pemadat (jumlah dan temperatur pemadatan) dan absorpsi agregat. Nilai VFA dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$VFA = \left(\frac{100-(VMA-VIM)}{VMA} \right) \quad (2.8)$$

Keterangan :

VFA = Volume rongga antar butir agregat yang berisi aspal % dari VMA

VMA = Rongga dalam agregat mineral (persen volume curah)

VIM = Rongga udara dalam campuran padat, persen total volume

h. Indeks Kekuatan Sisa (IKS)

Indeks kekuatan sisa dianalisis dari data-data hasil pengujian terhadap sifat-sifat mekanik benda uji (stabilitas dan kelelahan) dibagi menjadi dua kelompok. Kelompok pertama diuji stabilitas marshallnya dengan perendaman dalam air dengan suhu 60°C selama waktu T₁ dan kelompok dua diuji setelah perendaman dengan suhu 60°C selama T₂ (Hunter,2005). Setelah itu ditentukan Indeks Kekuatan Sisa marshall dengan menggunakan persamaan sebagai berikut (Hunter,2005) :

$$IKS = \frac{S_2}{S_1} \times 100\% \quad (2.9)$$

Keterangan :

IKS = Indeks Kekuatan Sisa (%)

S₁ = Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T₁ menit (Kg)

S_2 = Nilai rata-rata stabilitas Marshall setelah perendaman selama T_2 menit (Kg)

i. Berat jenis maksimum aspal beton (G_{mm})

G_{mm} merupakan merupakan berat jenis maksimum suatu campuran. Apabila kita telah menghitung nilai G_{mm} , maka kita dapat mencari nilai berat jenis efektif untuk kadar aspal tertentu. G_{mm} bertujuan untuk menentukan berat jenis campuran aspal beton maksimum dan berat jenis efektif agregat untuk kadar aspal tertentu.

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \quad (2.10)$$

Keterangan :

P_s = Kadar agregat, % terhadap berat aspal beton padat

P_a = Kadar aspal terhadap berat aspal beton padat (%)

G_{se} = Berat jenis efektif dari agregat pembentuk aspal beton padat

G_a = Berat jenis aspal

j. Berat jenis bulk aspal beton padat (G_{mb})

Untuk dapat menghitung nilai G_{mb} , dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$G_{mb} = \frac{B_k}{B_{ssd} - B_a} \quad (2.11)$$

Keterangan :

G_{mb} = Berat jenis bulk aspal beton padat

B_k = Berat kering aspal beton

B_a = Berat aspal beton padat didalam air

B_{ssd} = Berat kering permukaan dari aspal beton yang telah dipadatkan

2.7 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu bertujuan untuk mendapatkan suatu perbandingan dan literatur dalam penyusunan penelitian ini. Hal ini juga bertujuan menghindari anggapan kesamaan dengan penelitian ini. Maka dengan itu peneliti mencantumkan beberapa hasil-hasil dari penelitian terdahulu sebagai berikut :

1. Penelitian Nila Ardiyah, (2022)

Penelitian Nila Ardiyah, (2022) berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall”. Penelitian ini menggunakan variasi penambahan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan kadar 1,5%, 2% dan 2,5%. Dan dengan kadar variasi aspal 4,5%, 5% dan 5,5%. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti, dapat disimpulkan bahwa karakteristik sifat *Marshall* pada campuran AC-BC dengan variasi penambahan limbah plastik LDPE seluruh persen variasi penambahan plastik LDPE lolos memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas pada penambahan plastik LDPE lebih meningkat dari campuran normal, sehingga daya ikat antara aspal dan agregat semakin meningkat. Penambahan plastik paling efektif adalah variasi 2,5% dengan nilai *Bulk Density* sebesar 2,307 gr/cc, *Stability* sebesar 1220 kg, *Flow* sebesar 3,25 mm, VIM sebesar 4,30%, VFA sebesar 70,50%, VMA sebesar 14,52%, nilai MQ sebesar 378 kg/mm dan diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,25%.

2. Penelitian Nabila Andini Siregar, (2019)

Penelitian Nabila Andini Siregar, (2019) berjudul “Pengaruh Penambahan Plastik Jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC”. Penelitian ini menggunakan variasi penambahan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan kadar 4%, 5%, 6%, 8%, 10%, 15% dan 20%. Dari seluruh nilai parameter *Marshall* yang diperoleh, penambahan plastik LDPE dengan kadar 4%, 5%, 6%, dan 8%

yang memenuhi spesifikasi khusus interim campuran beraspal panas menggunakan limbah plastik tahun 2017. Hasil pengujian menunjukkan adanya penambahan limbah plastik LDPE dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal, hal ini dapat dilihat dari terjadinya peningkatan pada nilai stabilitas. Begitu pula nilai VIM dan VMA yang meningkat, hal ini menunjukkan rongga dalam campuran dan ruang antar agregat semakin besar sehingga aspal dapat mengisi ruang kosong dan mengikat agregat. Penambahan plastik LDPE dengan kadar 6% menunjukkan kualitas yang optimum dilihat dari parameter pengujian *Marshall*.

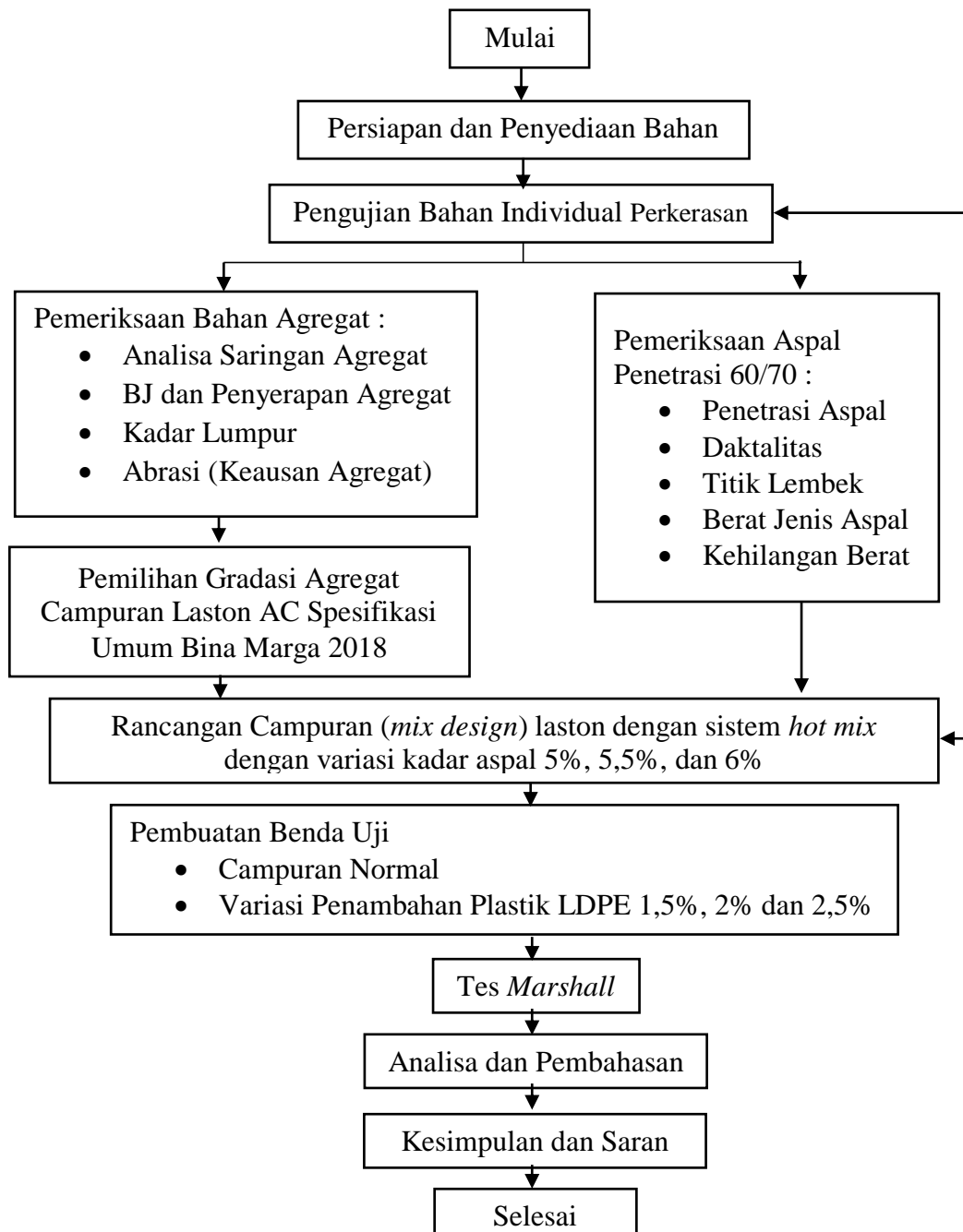
3. Penelitian Birahmatika Afriyanto, Eva Wahyu Indriyati, Probo Handini. (2019)

Pada penelitian ini berjudul “Pengaruh Limbah Plastik Low Density Polyethylene Terhadap Karakteristik Dasar Aspal”. Kadar variasi penambahan limbah plastik LDPE yang digunakan yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, 6%, 7%, 8%, 9%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%. Kadar plastik LDPE yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2010 adalah 5%. Pengujian yang dilakukan hanya sampai penambahan plastik dengan kadar 8% karena temperatur pencampuran aspal modifikasi sangat tinggi dan mendekati titik nyala aspal penetrasi 60/70, yaitu sekitar 190°C.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Skema Penelitian

Keseluruh tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut ini.



Gambar 3.1 : Bagan Alir Penelitian.

Pada bagan alir ini menjelaskan berbagai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini. Pada penelitian ini menggunakan limbah plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE) sebagai bahan tambah pada campuran Laston AC-WC. Limbah plastik sendiri diperoleh dari mengutip plastik LDPE yang berserakan disekitar lingkungan tempat tinggal.

Sebelum melakukan penelitian langkah yang harus dilakukan adalah tahapan persiapan. Tahap persiapan dalam hal ini adalah kegiatan-kegiatan sebelum mengumpulkan dan pengolahan data. Dilakukan pula penyusunan kegiatan secara sistematis guna untuk mengefektifitaskan dalam perencanaan.

Penelitian dapat dilaksanakan apabila mendapatkan izin dari dosen pembimbing dan Ketua Prodi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Setelah mendapat izin, lalu dapat segera melakukan studi literatur, yakni seperti mencari jurnal-jurnal refrensi terbaru yang berkaitan dengan penelitian, buku bacaan, kandungan dalam bahan tambah yang akan digunakan dan metode yang akan digunakan dalam penelitian. Setelah informasi-informasi mengenai penelitian telah dicari maka selanjutnya dilakukan pemeriksaan dasar seperti analisa saringan, berat jenis dan penyerapan aspal, penetrasi aspal, titik lembek aspal, daktilitas aspal, kehilangan berat aspal. Hal ini dilakukan untuk memperoleh data-data pendukung yang didapatkan dari pengujian di Laboratorium.

Selanjutnya untuk mengetahui proporsi campuran untuk masing-masing benda uji yang akan dibuat maka perlu dicari nilai Kadar Aspal Optimum (KAO). Setelah proporsi campuran aspal diperoleh lalu selanjutnya adalah pembuatan benda uji. Untuk benda uji dilakukan menurut kebutuhan masing-masing variasi campuran bahan tambah yaitu aspal normal dengan aspal variasi limbah plastik LDPE 1,5%, aspal normal dengan aspal variasi limbah plastik LDPE 2%, aspal normal dengan aspal variasi limbah plastik LDPE 6%. Setelah benda uji telah selesai dibuat, kemudian dilakukan pengujian *Marshall*. Dari pengujian Marshall ini lah dapat diperoleh data-data yang dibutuhkan sesuai dengan maksud dan tujuan penelitian.

3.2 Lokasi dan Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode eksperimen sebagai teknik pengumpulan data.

3.3 Teknik Pengumpulan Data

Metode eksperimen dipilih sebagai teknik pengumpulan data pada penelitian ini. Yaitu untuk menganalisis penambahan limbah plastik jenis LDPE pada campuran Laston AC-WC dengan pengujian *Marshall* yang dilaksanakan di Laboratorium PT. Adhi Karya. Data literatur adalah data yang diperoleh dari bahan kuliah laporan praktikum, data teknis mengenai Standar Nasional Indonesia, buku-buku, jurnal-jurnal penelitian terkait dengan penelitian ini, serta konsultasi langsung dengan dosen pembimbing Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Data primer adalah data yang dikumpulkan secara langsung melalui serangkaian kegiatan percobaan material aspal di Laboratorium yang mengacu pada standart dan petunjuk yang ada. Data yang diperoleh yaitu :

1. Analisa saringan agregat
2. Berat jenis dan penyerapan
3. Pemeriksaan kadar lumpur
4. Pemeriksaan keausan agregat
5. Variasi penggunaan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) pada campuran aspal
6. Tes penetrasi aspal
7. Tes daktilitas
8. Tes titik lembek aspal
9. Tes berat jenis aspal
10. Tes kehilangan berat
11. Uji *marshall*

3.4 Bahan dan Peralatan

3.4.1 Bahan

Bahan yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji yaitu :

1. Aspal penetrasi 60/70
2. Agregat halus : - Tipe : Pasir
- Ukuran : 0,075 mm – 4,75 mm
3. Agregat kasar : - Tipe : Batu pecah
- Ukuran : Maksimum 25,4 mm
4. *Filler* berupa abu batu
5. Bahan tambahan berupa limbah plastik jenis *Low Density Polyethylene* (LDPE)

3.4.2 Peralatan

Untuk pembuatan sample atau benda uji peralatan yang digunakan adalah :

1. Neraca *Ohaus*, alat penimbang ini memiliki ketelitian 0,01 gram yang berfungsi untuk mengetahui nilai berat uji atau sampel.
2. Saringan, dengan ukuran 3", 2", 3/4", 1/2", 3/8", No 8, No 16, No 30, No 50, No 100, No 200.
3. *Shave shacker machine* berfungsi untuk mengayak agregat kasar, agregat halus dan *filler*.
4. Mesin uji *Los Angeles* berfungsi untuk menguji nilai keausan agregat kasar.
5. Piknometer berfungsi pemeriksaan berat jenis aspal.
6. Waterbath berfungsi sebagai bak perendam benda uji yang dilengkapi dengan suhu yang terukur.
7. Oven berfungsi membantu proses pengeringan agregat.
8. Untuk pengujian aspal menggunakan alat uji penetrasi, alat uji daktilitas, alat uji titik lembek, alat uji titik nyala aspal, dan cawan yang berguna untuk pengujian kehilangan berat aspal.
9. Alat uji Marshall terdiri dari cincin uji beserta pengukur flowmeter, mold berbentuk silinder, dan penumbuk dengan permukaan datar.
10. Kompor berfungsi sebagai alat pemanas agregat dan aspal.

3.5 Tahap Pemeriksaan Material

Ditahap ini dilakukan pemeriksaan fisik aspal dan agregat untuk digunakan dalam campuran aspal beton. Sehingga mendapatkan campuran Laston AC-WC dengan kualitas baik sesuai yang diharapkan. Pemeriksaan pada tahap ini meliputi:

3.5.1 Pemeriksaan pada aspal

a. Pemeriksaan Penetrasi Aspal

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan dari suatu aspal dan menentukan atau mengukur nilai penetrasi aspal. Pemeriksaan ini mengikuti (SNI 06-2456-1991)

b. Pemeriksaan Titik Lembek

Pemeriksaan ini dilakukan dengan mengikuti (SNI 2434 : 2011).

c. Daktilitas

Pemeriksaan ini dilakukan untuk menentukan keplastisan aspal, dengan mengikuti (SNI 2432 : 2011)

d. Berat Jenis

Pemeriksaan ini dilakukan dengan mengikuti (SNI 2441 : 2011).

3.5.2 Pemeriksaan pada agregat

Pemeriksaan agregat dilakukan untuk menjamin mutu campuran Laston agar sesuai dengan yang diharapkan. Ada beberapa tahapan pemeriksaan pada agregat halus dan agregat kasar, yaitu sebagai berikut :

a. Analisa saringan

Pemeriksaan analisa saringan dilakukan pada agregat halus dan agregat kasar, dengan mengikuti (SNI 1968-1990-F).

b. Berat jenis dan penyerapan agregat halus

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui penyerapan agregat halus, dengan mengikuti (SNI 03-1970-1990).

c. Berat jenis dan penyerapan agregat kasar

Pemeriksaan ini dilakukan untuk mengetahui penyerapan agregat kasar, dengan mengikuti (SNI 03-1969-1990)

d. Abrasi

Pemeriksaan abrasi (keausan agregat) menggunakan mesin Los Angeles untuk menentukan ketahanan agregat kasar terhadap keausan. Pemeriksaan ini mengikuti (SNI 03-2417-1991)

3.5.3 Pemeriksaan Keausan Agregat Dengan Mesin Los Angeles

Pemeriksaan keausan agregat ini dilakukan untuk menentukan ketahanan pada agregat kasar terhadap keausan. Pengujian keausan agregat dilakukan menggunakan mesin Los Angeles, dengan keausan dinyatakan dengan perbandingan antara berat bahan aus yang lolos saringan nomor 12 terhadap berat semula. Untuk prosedur dalam pemeriksaan ini mengacu pada SNI 2417-2008.

3.6 Tahap Pembuatan Benda Uji

Pada tahap ini dilakukan pembuatan benda uji sebelum benda uji tersebut diuji. Jumlah total benda uji yang dibuat sebanyak 30 buah benda uji dengan 3 benda uji untuk campuran normal dengan kadar aspal 5%, 5,5% dan 6%. Dan untuk campuran dengan variasi limbah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5% masing-masing 9 benda uji. Langkah-langkah pembuatan benda uji dilakukan dengan cara berikut :

1. Mempersiapkan bahan-bahan benda uji seperti agregat halus, agregat kasar, aspal pen 60/70, filler, dan bahan tambah limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) sesuai dengan komposisi yang telah direncanakan.
2. Menyiapkan alat-alat untuk mencampurkan campuran Laston.
3. Memanaskan aspal pen 60/70 beserta limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) sampai suhu 180°C.
4. Memanaskan agregat sampai dengan suhu 120°C.
5. Mencampurkan aspal dan agregat jadi satu dengan cara diaduk sampai tercampur merata hingga mencapai suhu 160°C.
6. Menyiapkan wadah atau cetakan benda uji (*Mould*) beserta alas cetakan yang sebelumnya sudah diolesi pelumas dan dipanaskan. Lalu menyiapkan kertas lakmus pada bagian dasar cetakan.

7. Memasukkan semua bahan yaang telah dicampurkan sebelumnya dengan suhu maksimal kedalam cetakan benda uji (*Mould*) sembari ditusuk-tusuk pada bagian pinggir sebanyak 15 kali tusukan dan pada bagian tengah sebanyak 10 kali dengan menggunakan spatula.
8. Melakukan penumbukan pada campuran yang telah dimasukkan dalam cetakan benda uji sebanyak 75 kali, setelah itu diganti permukaan lain sebanyak 75 kali.
9. Mengeluarkan benda uji dari cetakan.
10. Kemudian memberi penamaan atau tanda pada setiap benda uji agar tidak saling tertukar dengan yang lainnya, lalu tunggu hingga benda uji kering.
11. Untuk mendapatkan nilai berat benda uji kering lakukan penimbangan pada setiap benda uji
12. Rendam benda uji dalam bak perendaman selama ± 24 jam.
13. Mengeluarkan benda uji dari bak perendaman lalu dilap sampai benda uji dalam keadaan jenuh kering permukaan SSD.
14. Timbang benda uji untuk mendapatkan berat benda uji dalam keadaan SSD.
15. Lalu, benda uji ditimbang didalam air untuk mendapatkan nilai berat dalam air.
16. Kemudian dilakukan pengujian Marshall untuk setiap masing-masing benda uji.

3.7 Pengujian Menggunakan Alat Marshall

a. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran

Setelah proses pencampuran dan pemadatan, benda uji lalu dikeluarkan dari cetakan benda uji guna mendapatkan berat benda uji kering. Kemudian dilakukan perendaman benda uji pada bak perendam (*Waterbath*) selama 3-5 menit, lalu ditimbang kembali untuk mendapatkan nilai berat benda uji dalam air. Lalu kemudian benda uji diangkat dan dilap sampai kering permukaan (SSD), kemudian ditimbang sehingga dapat nilai benda uji dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD).

b. Pengujian

Pengujian bertujuan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap (*flow*) dari campuran aspal sesuai dengan SNI 2489-1991. Untuk langkah pengujian *Marshall* yaitu sebagai berikut :

- 1) Benda uji direndam dalam bak perendaman dengan suhu $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ selama 30 menit sampai 40 menit.
- 2) Permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi dengan minyak tipis agar tidak menyulitkan dalam melepas benda uji setelah pengujian.
- 3) Meletakkan benda uji yang telah direndam sebelumnya ditengah bagian bawah kepala penekan. Flow meter diletakkan diatas tanpa guide rod dan jarum petunjuk dinolkan.
- 4) Menaikkan kepala penekan hingga menyentuh alas cincin penguji kemudian mengatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelahan pada angka nol.
- 5) Benda uji diberi beban dengan kecepatan tetap sekitar 50 mm (2 Inchi) per menit sampai pembebanan maksimum tercapai.
- 6) Mencatat nilai pelelehan (*flow*) yang ditunjukkan oleh jarum arloji pengukur pelelehan pada saat pembebanan maksimum (stabilitas) tercapai.
- 7) Setelah pengujian telah selesai, benda uji dikeluarkan dari alat Marshall. Waktu yang diperlukan untuk mengeluarkan benda uji tidak boleh dari 30 detik.

3.8 Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal

Pada proporsi campuran normal terdapat 3 benda uji, setiap kadar variasi aspal yaitu 5%, 5,5%, 6% memiliki masing-masing 1 benda uji.

Tabel 3.1: Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal 5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	Gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,13
MA	35%	0,35	1187,5	415,63
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,75
Asphalt	5,0%	0,035	1250	43,75
Total	105%	1,035		1231,3

Tabel 3.2: Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal 5,5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	Gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,19
MA	35%	0,35	1181,25	413,44
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,13
Asphalt	5,5%	0,04	1250	50
Total	105,5%	1,04		1231,3

Tabel 3.3: Proporsi Campuran Kadar Aspal Normal 6%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	Gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,25
MA	35%	0,35	1175	411,25
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	6,0%	0,045	1250	56,25
Total	106%	1,05		1231,3

3.9 Proporsi Campuran Kadar Aspal Penambahan Plastik LDPE

Pada campuran aspal dengan penambahan plastik LDPE memiliki kadar variasi 1,5%, 2%, 2,5%. Setiap masing-masing kadar variasi penambahan plastik LDPE memiliki 9 benda uji, sehingga total keseluruhan benda uji yaitu 27 benda uji.

Tabel 3.4: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5% Variasi 1,5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	Gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,13
MA	35%	0,35	1187,5	415,63
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,75
Asphalt	3,5%	0,035	1250	43,75
Plastik	1,5%	0,015	1250	18,75
Total	105%	1,05		1250

Tabel 3.5: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5% Variasi 2%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,125

Tabel 3.5 : Lanjutan

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
MA	35%	0,35	1187,5	415,625
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,75
Asphalt	3,0%	0,03	1250	37,5
Plastik	2,0%	0,02	1250	25
Total	105%	1,05		1250

Tabel 3.6: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5% Variasi 2,5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,1
MA	35%	0,35	1187,5	415,6
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,8
Asphalt	2,5%	0,025	1250	31,25
Plastik	2,5%	0,025	1250	31,25
Total	105%	1,05		1250

Tabel 3.7: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5,5% Variasi 1,5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,19
MA	35%	0,35	1181,25	413,44
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,13
Asphalt	4%	0,04	1250	50
Plastik	1,5%	0,015	1250	18,75
Total	105,5%	1,055		1250

Tabel 3.8: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5,5% Variasi 2%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,1875
MA	35%	0,35	1181,25	413,4375
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,125
Asphalt	3,5%	0,035	1250	43,75
Plastik	2%	0,02	1250	25
Total	105,5%	1,055		1250

Tabel 3.9: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 5,5% Variasi 2,5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,2
MA	35%	0,35	1181,25	413,4
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,1
Asphalt	3%	0,03	1250	37,5
Plastik	2,5%	0,025	1250	31,25
Total	105,5%	1,055		1250

Tabel 3.10: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 6% Variasi 1,5%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,25
MA	35%	0,35	1175	411,25
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	4,5%	0,045	1250	56,25
Plastik	1,5%	0,015	1250	18,75
Total	106%	1,06		1250

Tabel 3.11: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 6% Variasi 2%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,25
MA	35%	0,35	1175	411,25
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	4%	0,04	1250	50
Plastik	2%	0,02	1250	25
Total	106,0%	1,06		1250

Tabel 3.12: Proporsi Campuran Dengan Penambahan Plastik LDPE Kadar Aspal 6% Variasi 2%

Proporsi	Persentase	Desimal	Berat Campuran (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,3
MA	35%	0,35	1175	411,3
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	3,5%	0,035	1250	43,75
Plastik	2,5%	0,025	1250	31,25
Total	106,0%	1,06		1250

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pemeriksaan Gradasi Agregat

Pada pemeriksaan gradasi agregat dalam penelitian ini terdiri dari Analisa saringan, Berat Jenis dan Abrasi. Dalam pembuatan aspal beton terdiri atas dua komponen utama yaitu aspal dan agregat. Aspal yang digunakan merupakan aspal penetrasi 60/70. Untuk agregat kasar berupa batu pecah dan agregat halus berupa campuran abu batu dan pasir. Sedangkan bahan tambah pada penelitian ini adalah limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE). Untuk mendapatkan aspal beton yang baik maka gradasi dari agregat harus memenuhi acuan spesifikasi umum Bina Marga 2018 yang telah ditetapkan (SNI-ASTM-C136-2016). Dari hasil pengujian di lab dalam percobaan pencampuran agregat diperoleh hasil perbandingan campuran agregat hasil analisis agregat.

Tabel 4.1 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat kasar (CA) $\frac{3}{4}$ ' Inch.

No Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
11/2"	37,5	100
1	25,4	100
3/4	19,1	100
1/2	12,7	56,11
3/8	9,5	13,54
No. 4	4,76	1,25
No. 8	2,88	-
No. 16	1,19	-
No. 30	0,595	-
No. 50	0,297	-
No. 100	0,150	-
No. 200	0,074	-
PAN	-	-

Tabel 4.2 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat kasar (MA) 1/2' Inch.

No Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1	25,4	100
3/4	19,1	100
1/2	12,7	100
3/8	9,5	78,99
No. 4	4,76	32,43
No. 8	2,88	11,37
No. 16	1,19	8,47
No. 30	0,595	5,14
No. 50	0,297	4,46
No. 100	0,150	3,31
No. 200	0,074	2,35
PAN	-	0,00

Tabel 4.3 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat halus pasir (SA)

No Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1	25,4	100
3/4	19,1	100
1/2	12,7	100
3/8	9,5	100
No. 4	4,76	98,25
No. 8	2,88	93,51
No. 16	1,19	80,20
No. 30	0,595	45,61
No. 50	0,297	14,20
No. 100	0,150	5,01
No. 200	0,074	1,73
PAN	-	0,00

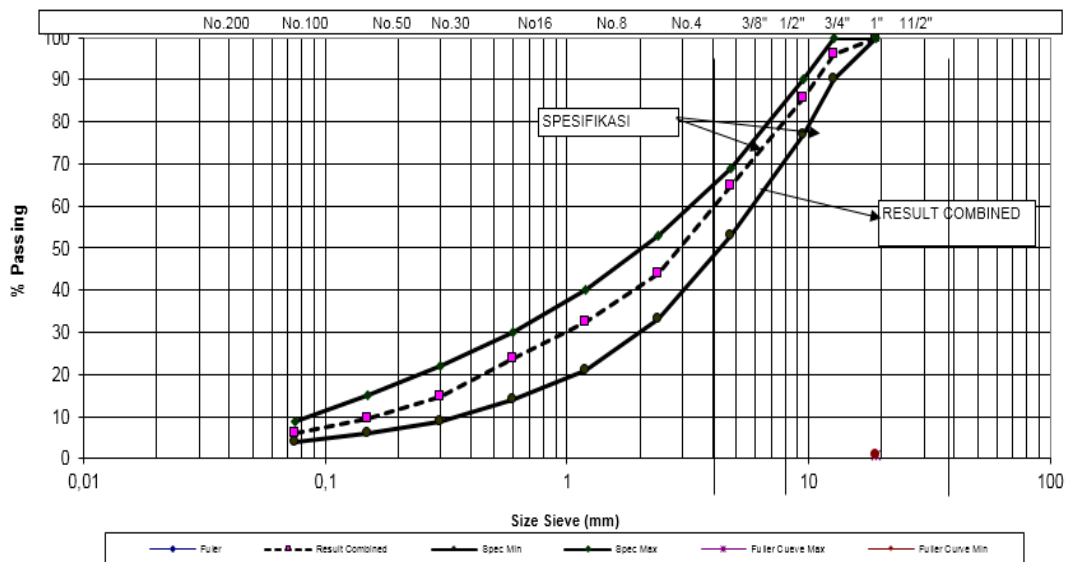
Tabel 4.4 : Hasil Pemeriksaan analisis agregat saringan agregat halus abu batu (FA)

No Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan
1	25,4	100
3/4	19,1	100
1/2	12,7	100
3/8	9,5	100
No. 4	4,76	93,56
No. 8	2,88	69,11
No. 16	1,19	50,62
No. 30	0,595	40,47
No. 50	0,297	29,53
No. 100	0,150	17,52
No. 200	0,074	10,69
PAN	-	-

Pada gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal, ditunjukkan dalam persen terhadap berat agregat harus memenuhi batas-batas sesuai dengan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Untuk campuran AC-WC harus berada diantara batas bawah dan batas atas sesuai Spesifikasi Umum Bina Marga 2018. Dari hasil pemeriksaan analisa saringan yang dilakukan maka gradasi agregat diperoleh seperti tabel dibawah ini.

Tabel 4.5 : Hasil Kombinasi gradasi agregat standar.

No Saringan	Batas Spesifikasi		Kombinasi Agregat				AVG
			CA 3/4"	MA 1/2"	FA	Sand	
			10	35	47	8	
3/4"	100	100	10,00	35,00	47,00	8,00	100
1/2"	100	100	5,90	35,00	47,00	8,00	95,90
3/8"	90	100	1,59	28,87	47,00	8,00	85,46
No.4"	75	90	0,11	12,47	44,03	8,00	64,61
No.8"	66	82	0,00	8,21	27,88	7,48	43,57
No.16"	46	64	0,00	5,42	20,04	7,16	32,62
No.30"	30	49	0,00	3,35	14,16	6,16	23,67
No.50"	18	38	0,00	2,25	10,52	2,04	12,81
No.100"	12	28	0,00	1,18	7,96	0,45	9,59
No.200"	7	20	0,00	1,01	4,91	0,18	6,10



Gambar 4.1 : Gradasi Agregat Campuran Aspal AC-WC.

Dari hasil pengujian analisa saringan didapat hasil kombinasi gradasi agregat yang memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018.

1. Course agregate $\frac{3}{4}$ = 10
2. Medium aggregate $\frac{1}{2}$ = 35
3. Fine aggregate = 47
4. Natural sand = 8

Pada setiap benda uji memiliki berat total sebesar 1250 gram, sehingga benda uji memiliki tinggi 70 mm dan mempunyai diameter sebesar 100 mm. Dari hasil analisa saringan agregat maka diperoleh perhitungan berat agregat yang akan digunakan seperti pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 : Berat Agregat yang digunakan dalam untuk benda uji standar.

Kadar Aspal (%)	Aspal (gram)	CA 3/4 inch (gram)	MA 1/2 inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)
5%	60	119	416,5	559,3	95,2
5,5%	68,75	118,125	413,438	555,188	94,5
6%	75	117,5	411,25	552,25	94

Tabel 4.7 : Berat agregat yang diperlukan untuk benda uji menggunakan bahan tambah plastik LDPE dengan persen variasi 1,5%.

Kadar Aspal (%)	CA 3/4 inch (gram)	MA 1/2 inch (gram)	Abu Batu (gram)	Pasir (gram)	Plastik LDPE
5%	118,75	415,63	558,13	95	18,75
5,5%	118,13	413,44	555,19	94,5	18,75
6%	117,5	411,25	552,25	94	18,75

4.1.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis

Berat jenis suatu agregat yang dipergunakan dalam suatu rancangan campuran beraspal sangat berpengaruh terhadap banyaknya rongga udara yang diperhitungkan sehingga didapatkan sebuah campuran beraspal yang baik. Berat jenis efektif dianggap paling mendekati nilai sebenarnya untuk menentukan besarnya rongga udara dalam campuran beraspal. SNI 1969-2008 dan SNI 1970-2008.

1. Berat jenis agregat kasar CA ¾ inch.

Setelah percobaan yang telah dilaksanakan maka didapat hasil sampel 1 :

- a. Berat Jenis Curah $= \frac{2606}{2622-1616} = 2,590$
- b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh $= \frac{2622}{2622-1616} = 2,606$
- c. Berat Jenis Semu $= \frac{2606}{2606-1616} = 2,632$
- d. Penyerapan $= \frac{2622-2606}{2606} \times 100 = 0,614$

Tabel 4.8 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar CA ¾ Inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering	2,590	2,577	2,584
Berat Jenis Kering Permukaan	2,606	2,634	2,620
Berat Jenis Semu	2,632	2,599	2,616
Penyerapan	0,614	0,850	0,732

2. Berat Jenis Agregat Kasar MA ½ Inch.

Setelah percobaan yang telah dilaksanakan maka didapat hasil sampel 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Jenis Curah} &= \frac{2331}{2353-1446} = 2,570 \\
 \text{b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh} &= \frac{2353}{2353-1446} = 2,594 \\
 \text{c. Berat Jenis Semu} &= \frac{2331}{2331-1446} = 2,634 \\
 \text{d. Penyerapan} &= \frac{2353-2331}{2331} \times 100 = 0,944
 \end{aligned}$$

Tabel 4.9 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat kasar MA ½ Inch.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering	2,570	2,580	2,575
Berat Jenis Kering Permukaan	2,594	2,653	2,624
Berat Jenis Semu	2,634	2,607	2,621
Penyerapan	0,944	1,078	1,011

3. Berat Jenis Agregat Halus (Sand).

Setelah percobaan yang telah dilaksanakan maka didapat hasil sampel 1 :

$$\begin{aligned}
 \text{a. Berat Jenis Curah} &= \frac{492,5}{1226+500-1529,6} \\
 &= 2,508 \text{ gr} \\
 \text{b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh} &= \frac{500}{1226+500-1229,6} \\
 &= 2,546 \\
 \text{c. Berat Jenis Semu} &= \frac{492,5}{1226+492,5-1529,6} \\
 &= 2,607 \text{ gr} \\
 \text{d. Penyerapan} &= \frac{500-492,5}{492,5} \times 100 \\
 &= 1,523 \%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.10 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus (Sand).

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering	2,508	2,546	2,527

Tabel 4.10 : *Lanjutan*

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Kering Permukaan	2,607	2,639	2,623
Berat Jenis Semu	2,546	2,581	2,564
Penyerapan	1,523	1,379	1,451

4. Berat Jenis Agregat Halus Abu Batu

Setelah percobaan yang telah dilaksanakan maka didapat hasil sampel 1 :

a. Berat Jenis Curah
$$= \frac{490,7}{1224+500-1532,6}$$

$$= 2,564 \text{ gr}$$

b. Berat Jenis Kering Permukaan Jenuh
$$= \frac{500}{1224+500-1532,6}$$

$$= 2,612 \text{ gr}$$

c. Berat Jenis Semu
$$= \frac{490,7}{1224+490,7-1532,6}$$

$$= 2,695 \text{ gr}$$

d. Penyerapan
$$= \frac{500-490,7}{490,7} \times 100$$

$$= 1,895 \%$$

Tabel 4.11 : Rekapitulasi pemeriksaan berat jenis agregat halus Abu Batu.

Perhitungan	I	II	Rata-rata
Berat Jenis Curah Kering	2,564	2,539	2,551
Berat Jenis Kering Permukaan	2,612	2,666	2,680
Berat Jenis Semu	2,695	2,587	2,599
Penyerapan	1,895	1,874	1,885

4.1.3. Hasil Pemeriksaan Aspal

Pada penelitian ini, aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70 dipilih sebagai bahan ikat pada pembuatan benda uji campuran aspal beton. Data hasil pemeriksaan uji aspal diperoleh dari data sekunder dari PT. Adhi Karya, Lantasan

Baru, Patumbak, Deli Serdang, Sumatera Utara. Setelah dilakukannya pengujian dan pemeriksaan karakteristik aspal keras diperoleh hasil seperti pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.12 : Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal Pertamina Pen 60/70 (PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak).

No	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil Uji	Spesifikasi	Satuan
1	Peneterasi Pada 25°C	SNI 2456 : 2011	64,1	60-70	0,1 mm
2	Titik lembek	SNI 2434 : 2011	48	≥ 48	°C
3	Daktalitas pada 25°C, 5 cm/menit	SNI 2432 : 2011	≥ 140	≥ 100	cm
4	Titik nyala (COC)	SNI 2433 : 2011	310	≥ 232	°C
5	Berat jenis	SNI 2441 : 2011	1,024	$\geq 1,0$	-
6	Kehilangan Berat (RTFOT)	SNI 06-2441-1991	0,0002	$\leq 0,8$	%
7	Kelarutan	AASHTO 44-03	99,35%	≥ 48	%

Mengacu pada standart spesifikasi umum Bina Marga 2018 maka data hasil pemeriksaan karakteristik aspal Pertamina Peneterasi 60/70 pada Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak telah memenuhi standart pengujian sebagai bahan ikat campuran aspal beton.

4.1.4. Pemeriksaan Terhadap Parameter Benda Uji

Nilai parameter *Marshall* didapatkan dengan melakukan perhitungan terhadap hasil-hasil percobaan dilaboratorium. Berikut adalah analisis yang digunakan untuk menghitung parameter pengujian *Marshall* pada campuran normal dengan kadar aspal 5%.

- a. Persentase terhadap batuan = 95%
- b. Persentase aspal terhadap campuran = 5%
- c. Berat sampel kering = 1230,2 gr
- d. Berat sampel jenuh = 1238 gr
- e. Berat sampel dalam air = 693,2 gr
- f. Volume sampel dalam air = Berat jenuh – Berat dalam air
= 1238 – 693,2

$$\begin{aligned}
&= 544,8 \text{ gr} \\
\text{g. Berat isi sampel} &= \text{Berat awal/ Volume sampel} \\
&= 1230 / 544,8 \\
&= 2,258 \text{ gr/cc} \\
\text{h. Berat jenis sampel} &= \frac{100}{\frac{\% \text{ agregat}}{b_j \text{ agregat}} + \frac{\% \text{ aspal}}{b_j \text{ aspal}}} \\
&= \frac{100}{\frac{95}{2,595} + \frac{5}{1,029}} \\
&= 2,411 \text{ gr} \\
\text{i. Persentase volume aspal} &= \frac{(\text{Persen aspal} \times \text{Berat isi sampel})}{b_j \text{ aspal}} \\
&= \frac{5 \% \times 2,258}{1,024} \\
&= 11,21 \% \\
\text{j. Persentase volume agregat} &= \frac{((100 - \text{Persen aspal}) \times \text{Berat isi sampel})}{b_j \text{ aspal}} \\
&= \frac{(100 - 5) \times 2,258}{2,595} \\
&= 82,66 \% \\
\text{k. Rongga terhadap agregat (VMA)} &= 100 - \frac{2,258 \times (100 - 5\%)}{2,553} \\
&= 14,56 \\
\text{l. Rongga terhadap campuran (VIM)} &= 100 - (100 \times \frac{2,258}{2,411}) \\
&= 6,34 \% \\
\text{m. Rongga terisi aspal (VFB)} &= \frac{(14,56 - 6,34) \times 100}{14,56} \\
&= 56,45 \% \\
\text{n. Kadar aspal efektif} &= 4,44 \\
\text{o. Pembacaan arloji stabilitas} &= 45 \\
\text{p. Kalibrasi proving ring} &= 45 \times 24,19 \\
&= 1088,55 \text{ kg} \\
\text{q. Stabilitas akhir} &= 1088,55 \times 0,89 \\
&= 968 \text{ kg} \\
\text{r. Kelelehan} &= 2,60
\end{aligned}$$

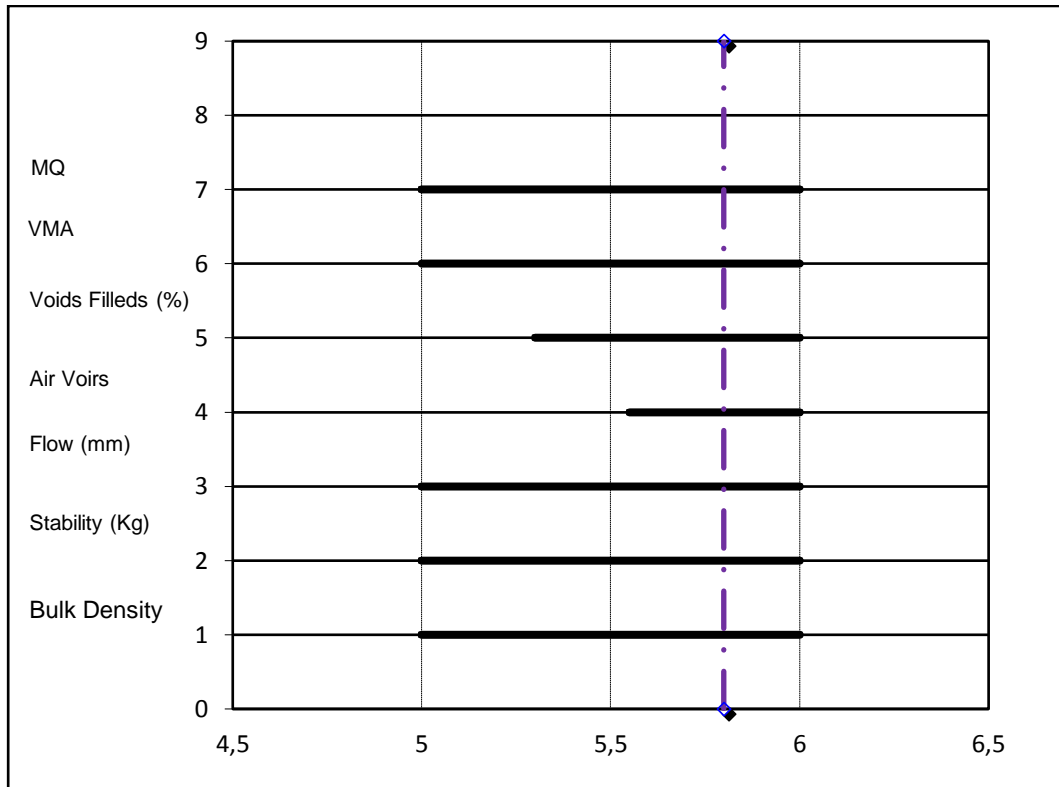
Untuk rekapitulasi perhitungan campuran normal dan penambahan limbah plastik jenis LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dapat dilihat pada bagian lampiran.

Setelah pengujian di Laboratorium dan hasil pemeriksaan uji *Marshall* telah dilaksanakan didapatkan nilai-nilai Berat Isi (*Bulk Density*), Stabilitas (*Stability*), persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), Rongga terhadap agregat (VMA), kelelahan (*Flow*). Berikut adalah rekapitulasi hasil uji *Marshall* pada campuran aspal normal dan dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE 1,5%, 2%, 2,5% serta analisis perhitungan untuk campuran aspal normal dengan kadar aspal 5%.

Tabel 4.13 : Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran normal.

Karakteristik	Kadar Aspal %			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
	5%	5,5%	6%	
Bulk density (gr/cc)	2,258	2,272	2,283	-
Stability (kg)	919	1062	1156	Min 800
Air voids (%)	6,37	5,12	4,00	3-5
Voids filleds (%)	60,45	68,07	75,15	Min 65
VMA (%)	16,12	16,04	16,08	Min 14
Flow (mm)	2,37	3,13	3,37	2-4
MQ (kg/mm)	388	339	343	Min 250

Berikut adalah gambar grafik nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan nilai yang didapatkan sebesar 5,80% .



Gambar 4.2 : Grafik Kadar Aspal Optimum (KAO).

Tabel 4.14 : Rekapitulasi hasil uji *Marshall* campuran dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% pada keadaan KAO.

Karakteristik	Plastik LDPE %			Batas Spesifikasi Bina Marga 2018
	1,5%	2,0%	2,5%	
Bulk density (gr/cc)	2,300	2,306	2,315	-
Stability (kg)	916	888	960	Min 800
Air voids (%)	4,28	4,15	4,94	3-5
Voids filleds (%)	62,41	64,58	65,79	Min 65
VMA (%)	14,93	14,68	14,45	Min 14
Flow (mm)	3,35	3,45	3,45	2-4
MQ (kg/mm)	395	335	360	Min 250

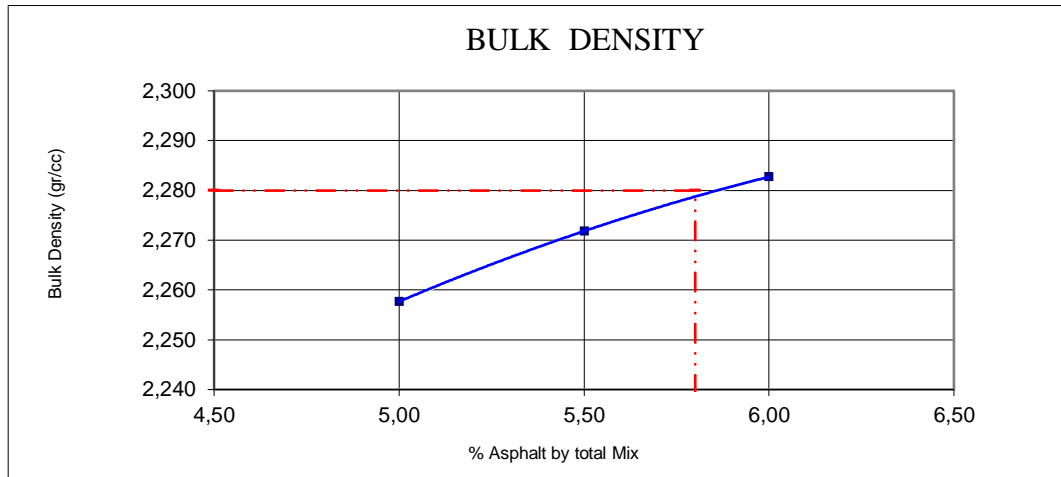
4.2. Analisis dan Pembahasan

Setelah didapati nilai hasil uji sifat *Marshall* untuk nilai Berat Isi (*Bulk Density*), Stabilitas (*Stability*), persentase Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*), *Voids Filleds*, Rongga terhadap agregat (*VMA*), kelelahan (*Flow*) untuk

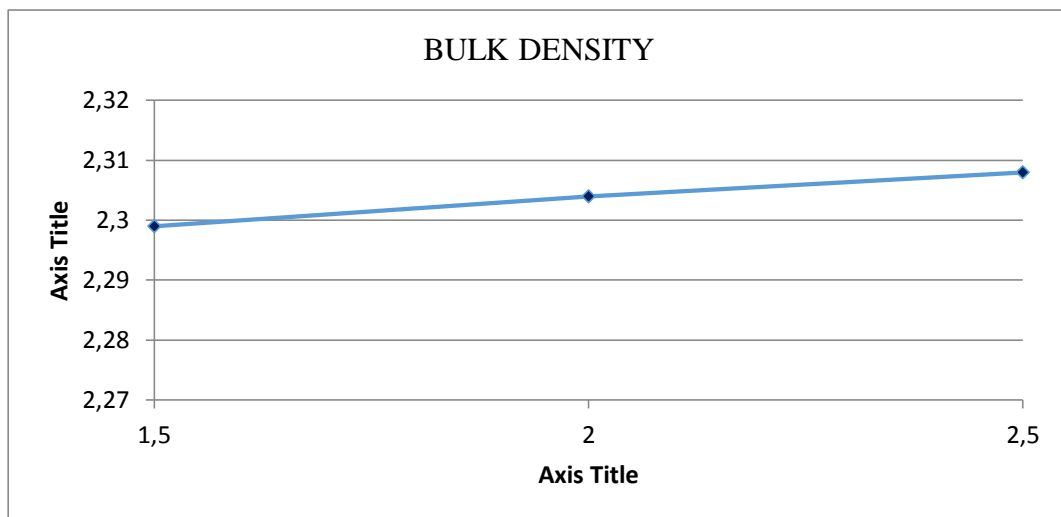
campuran aspal normal dan dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE 1,5%, 2% dan 2,5% dapat dilihat pada gambar berikut untuk perbandingannya.

a. Berat isi (*Bulk Density*)

Hasil berat isi (*Bulk Density*) pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.3 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Bulk Density (gr/cc) campuran normal.



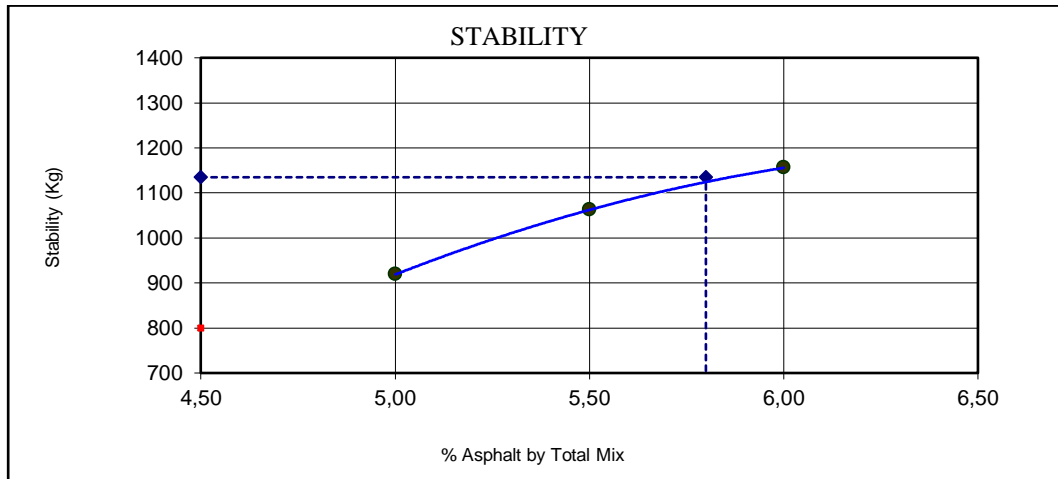
Gambar 4.4 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Bulk Density (gr/cc) menggunakan bahan plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Dari gambar 4.3 dan 4.4 dapat dilihat bahwa penambahan dari limbah plastik LDPE mempengaruhi nilai *Bulk Density* (kepadatan). Dengan nilai Bulk Density dengan penambahan limbah plastik LDPE mengalami kenaikan dibanding dengan

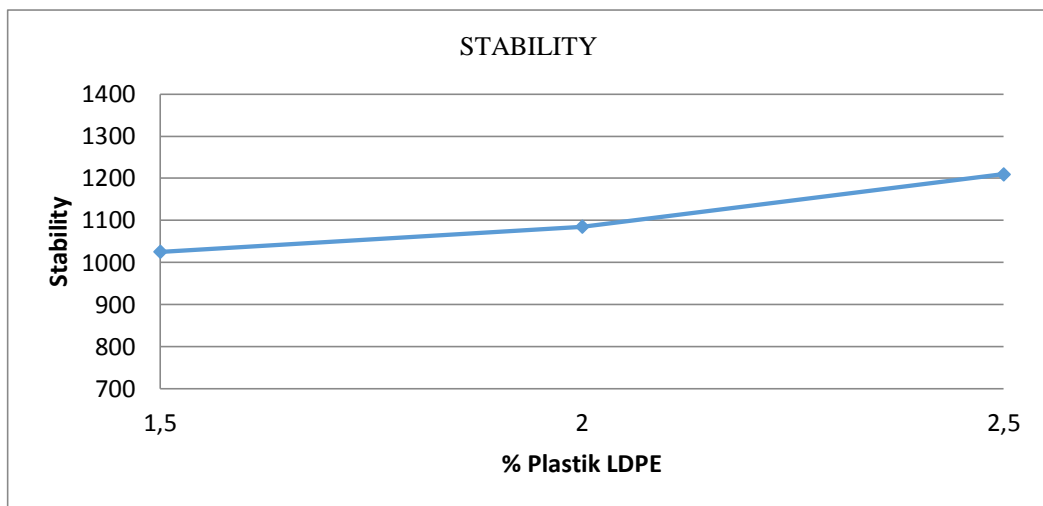
campuran murni. Dimana dengan nilai tertinggi dengan campuran plastik LDPE adalah variasi 2,5% sebesar 2,308 gr/cc.

b. Stabilitas (*Stability*)

Hasil Stabilitas (*Stability*) pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.5 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Stabilitas (kg) campuran normal.



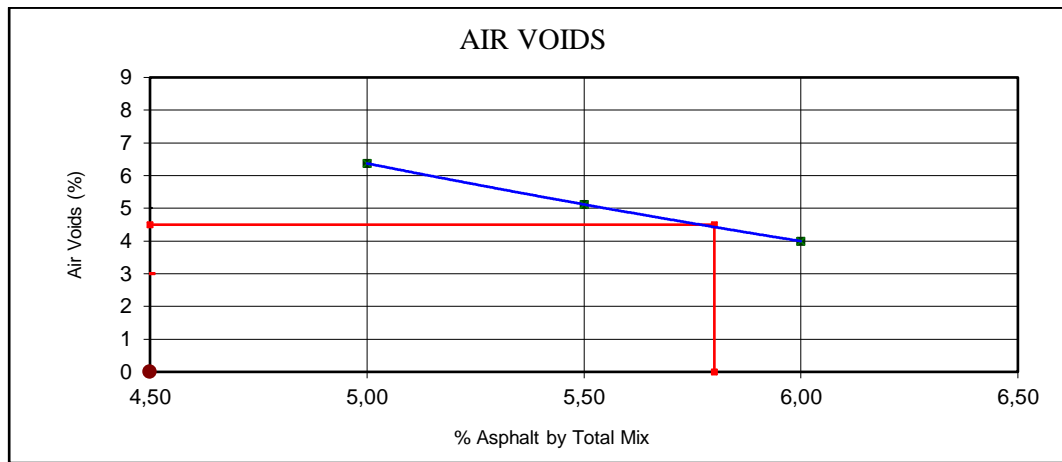
Gambar 4.6 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan Stabilitas (kg) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Dapat dilihat pada gambar grafik 4.5 dan grafik 4.6 diatas untuk campuran normal dan dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE seluruhnya untuk nilai stabilitas telah memenuhi persyaratan Bina Marga yaitu nilai stabilitas minimal diatas 800 kg. Dari penambahan plastik LDPE ini pula nilai stabilitas mengalami

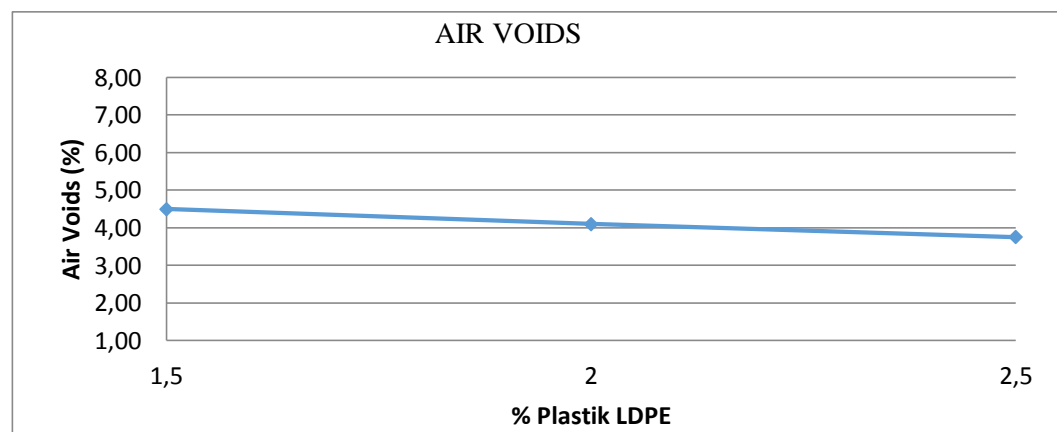
peningkatan daripada dengan tanpa penambahan variasi limbah plastik LDPE. Dengan nilai stabilitas tertinggi yang didapat adalah pada variasi 2,5% sebesar 1210 kg. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar persen penambahan bahan tambah maka semakin besar nilai stabilitas yang dihasilkan.

c. Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*)

Hasil Rongga Terhadap Campuran (*Air Voids*) pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.7 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (%) campuran normal.



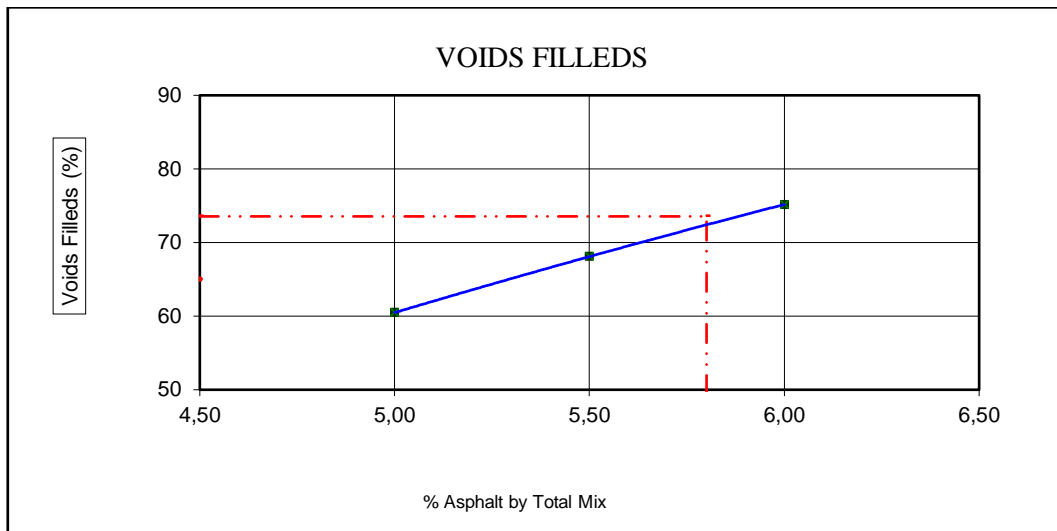
Gambar 4.8 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Air Voids* (%) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Dari grafik Air Voids diatas yang ditunjukkan pada gambar grafik 4.7 dan 4.8 dapat dilihat untuk nilai *Air Voids* pada campuran normal hanya persentase aspal 5,5% dan 6% saja yang memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 dengan nilai

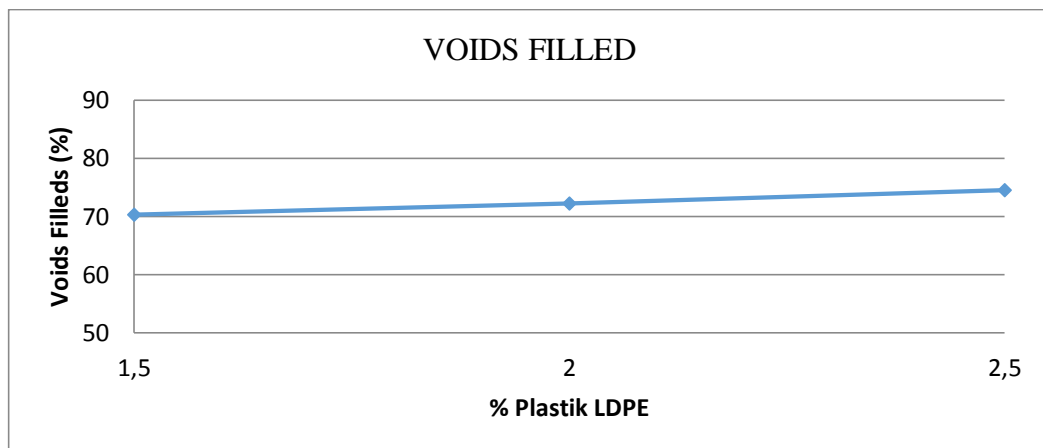
batas 3-5%. Pada penambahan campuran limbah plastik LDPE nilai *Air Voids* seluruhnya memenuhi persyaratan Bina Marga 2018.

d. *Voids Filled*

Hasil nilai *Voids Filled* pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.9 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) campuran normal.



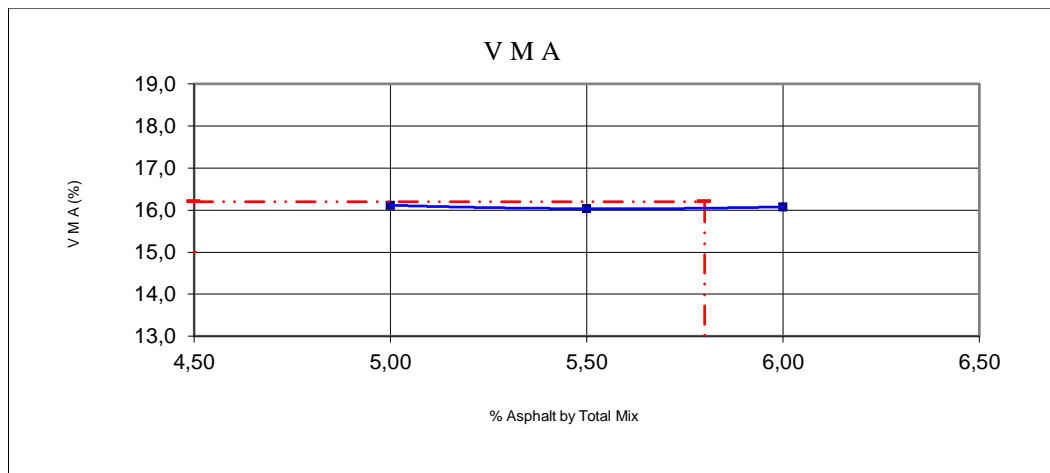
Gambar 4.10 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Voids Filled* (%) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Bisa dilihat pada gambar grafik 4.9 dan 4.10 diatas pada campuran normal hanya 5,5% dan 6% yang lolos persyaratan Bina Marga 2018 dengan syarat ketentuan adalah nilai minimal VFA adalah 66%. Dan untuk campuran dengan

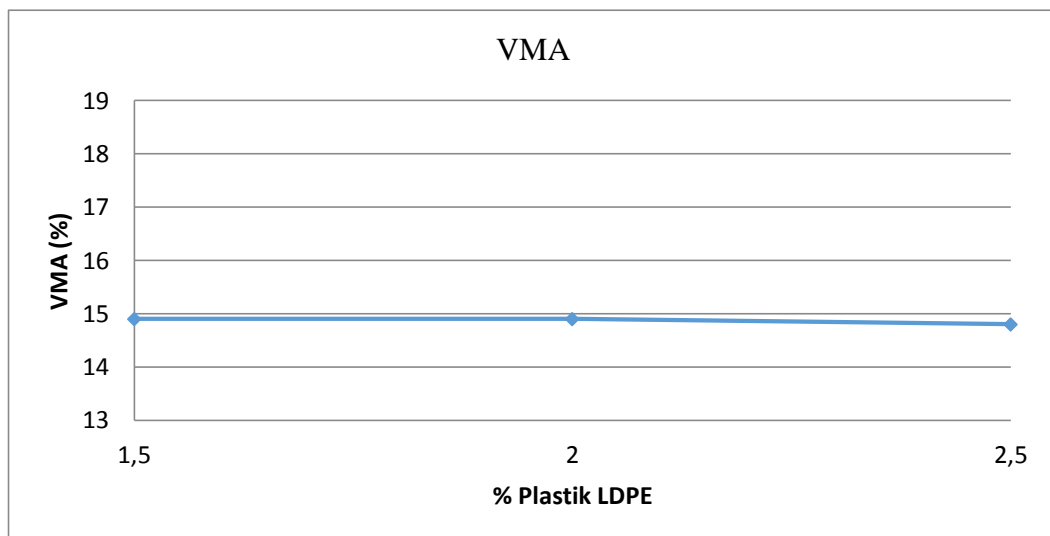
penambahan limbah plastik jenis LDPE semua memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 dengan nilai VFA tertinggi didapat pada variasi 2,5% sebesar 74,5%.

e. Rongga terhadap agregat (VMA)

Hasil nilai Rongga terhadap agregat (VMA) pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.11 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) campuran normal.



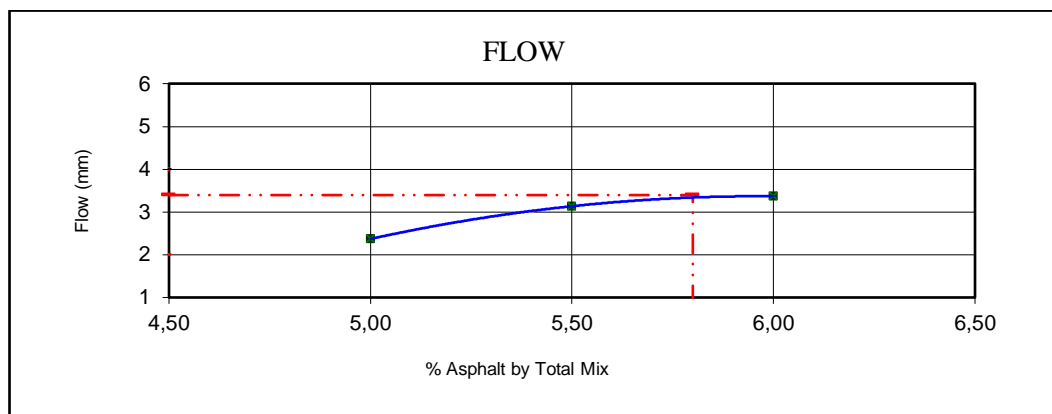
Gambar 4.12 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan VMA (%) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Dari gambar grafik 4.11 dan 4.12 dapat dilihat seluruh campuran normal memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 dengan persyaratan min 14%. Untuk

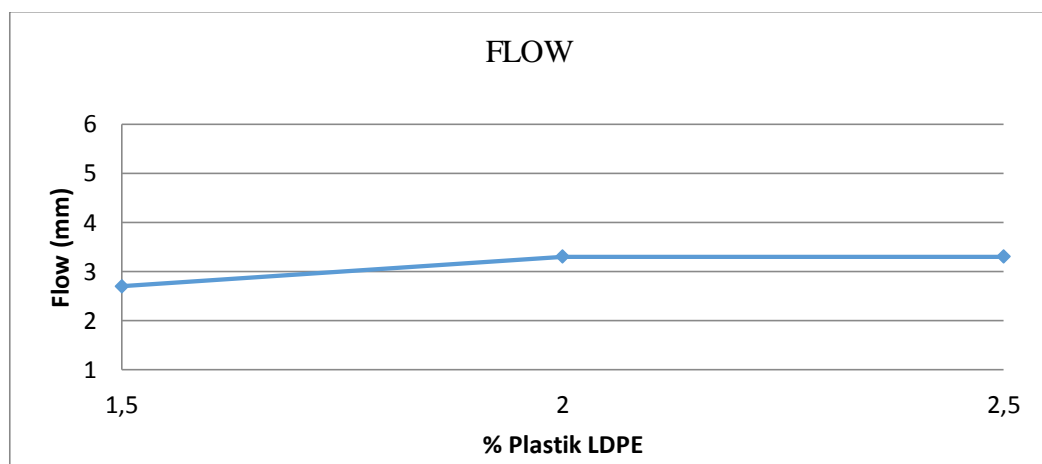
campuran dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE semua variasi lolos persyaratan Bina Marga 2018 dengan ketentuan nilai VMA min 14%. Dari hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar penambahan plastik LDPE yang diberikan maka nilai VMA semakin kecil yang mana mempengaruhi hasil dari rongga diantara mineral agregat.

f. Kelelehan (*Flow*)

Hasil nilai Kelelehan (*Flow*) pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.13 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) campuran normal.



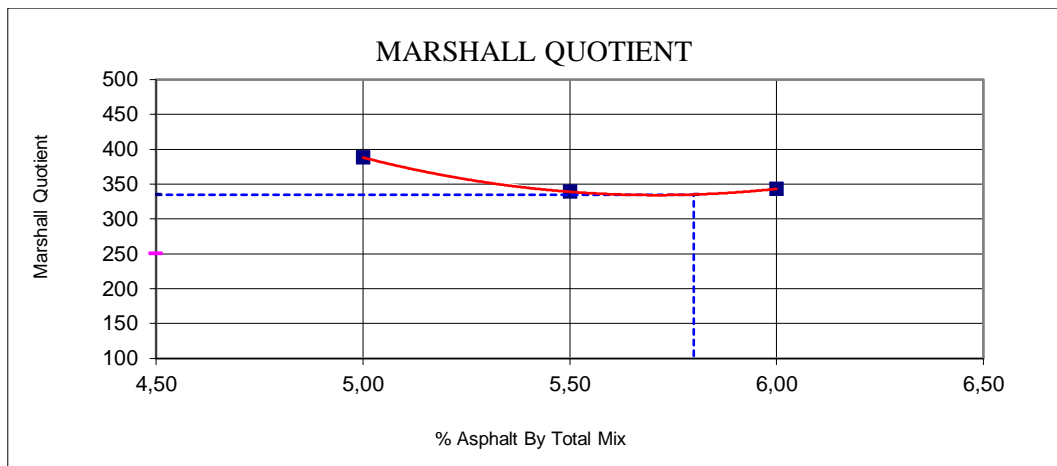
Gambar 4.14 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Flow* (mm) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Dari grafik 4.13 dan 4.14 bisa dilihat untuk campuran normal nilai kelelehan (*flow*) memenuhi persyaratan Bina Marga 2018 dengan ketentuan *range* 2% - 4%. Dan untuk campuran dengan penambahan limbah plastik nilai *flow* juga

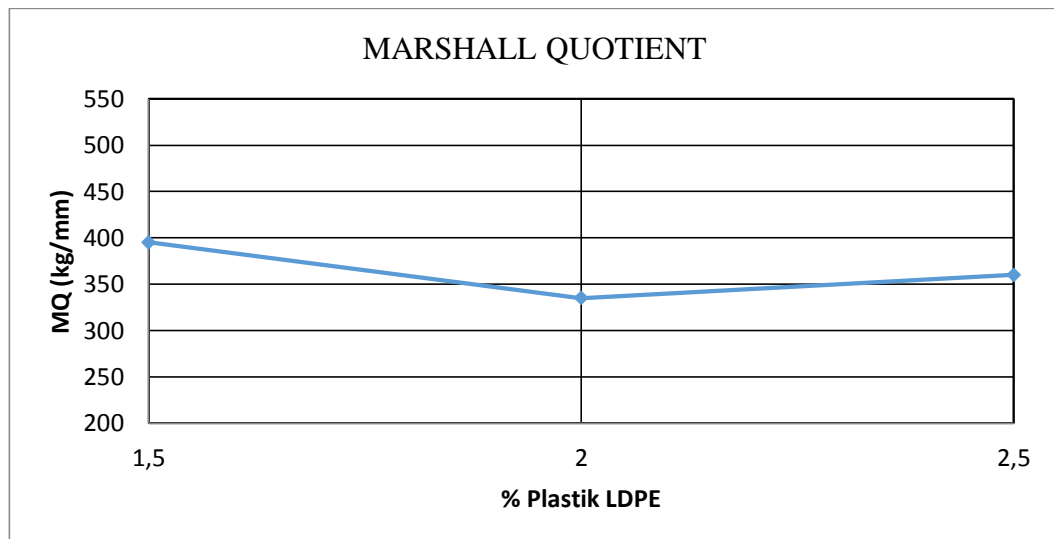
memenuhi persyaratan Bina Marga 2018. Nilai flow tertinggi pada aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE adalah pada variasi 2% dan 2,5% yaitu sebesar 3,30 mm.

g. Marshall Quotient

Hasil nilai Marshall Quotient pada campuran aspal normal dan campuran dengan penambahan limbah plastik LDPE 1,5%, 2% dan 2,5%.



Gambar 4.15 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall Quotient* (kg/mm) campuran normal.



Gambar 4.16 : Grafik hubungan antara kadar aspal (%) dengan *Marshall Quotient* (kg/mm) menggunakan bahan tambah plastik LDPE 1,5%, 2%, 2,5%.

Dari gambar grafik 4.15 dan 4.16 seluruh nilai *Marshall Quotient* memenuhi persyaratan Bina marga dengan persyaratan nilai *Marshall Quotient* >250

kg/mm. Dengan nilai *Marshall Quotient* tertinggi didapatkan oleh campuran dengan penambahan plastik LDPE 1,5% dengan nilai *Marshall Quotient* 395 kg/mm.

4.3 Perbandingan Pengaruh Penambahan Limbah Plastik LDPE Lapis AC-WC Dengan Lapis AC-BC

Penelitian Nila Ardiyah, (2022) berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall”. Penelitian ini menggunakan variasi penambahan limbah plastik jenis *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan kadar 1,5%, 2% dan 2,5%. Dan dengan kadar variasi aspal 4,5%, 5% dan 5,5%. Berdasarkan penelitian yang dilaksanakan oleh peneliti, dapat disimpulkan bahwa karakteristik sifat *Marshall* pada campuran AC-BC dengan variasi penambahan limbah plastik LDPE seluruh persen variasi penambahan plastik LDPE lolos memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa nilai stabilitas pada penambahan plastik LDPE lebih meningkat dari campuran normal, sehingga daya ikat antara aspal dan agregat semakin meningkat. Penambahan plastik paling efektif adalah variasi 2,5% dengan nilai *Bulk Density* sebesar 2,307 gr/cc, *Stability* sebesar 1220 kg, *Flow* sebesar 3,25 mm, VIM sebesar 4,30%, VFA sebesar 70,50%, VMA sebesar 14,52%, nilai MQ sebesar 378 kg/mm dan diperoleh Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,25%.

Dari hasil penelitian diatas dapat ditarik perbandingan hasil pada penelitian ini bahwa, pada masing-masing kadar penambahan plastik LDPE yang paling efektif nilai stabilitas yang didapat 1210 kg sedikit lebih rendah dibanding dengan nilai stabilitas oleh penelitian Nila Ardiyah yaitu 1220 kg. Namun pada nilai Bulk Density, Flow, VFA dan VMA yang peneliti dapatkan nilainya lebih besar dibandingkan dengan penelitian Nila Ardiyah. Walaupun begitu hasil penelitian yang didapat dan penelitian oleh Nila Ardiyah seluruh persen kadar penambahan plastik memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan pada pengujian campuran Laston AC-WC dengan penambahan limbah plastik jenis LDPE (*Low Density Polythylene*) maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan berikut :

1. Dari hasil pengujian karakteristik sifat *Marshall* pada campuran Laston AC-WC dengan penambahan limbah plastik jenis Low Density Polythylene (LDPE) dengan variasi penambahan 1.5%, 2% dan 2,5% didapati bahwa hasil pengujian tersebut berpengaruh baik dan dapat meningkatkan kinerja campuran aspal dengan melihat adanya peningkatan nilai Stabilitas pada penambahan limbah plastik LDPE. Nilai Stabilitas tertinggi didapati pada kadar variasi 2,5% yaitu 1210 kg. Dengan ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar persen penambahan plastik LDPE maka nilai stabilitas juga meningkat. Semua persen variasi penambahan plastik LDPE lolos standar Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 seperti nilai Stabilitas, Bulk density, VIM, VMA, dan Flow . Variasi penambahan plastik LDPE dengan kualitas optimum terdapat pada kadar 2,5% dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 5,65%. Namun diperlukan penelitian lebih lanjut dengan penambahan persen variasi lain guna mengetahui batasan dalam penggunaan plastik LDPE.

2. Didapati hasil Kadar Aspal Optimum (KAO) pada masing-masing penambahan limbah plastik LDPE variasi 1,5%, 2% dan 2,5% yaitu :
 - a. Nilai KAO penambahan limbah plastik LDPE variasi 1,5% = 5,45%
 - b. Nilai KAO penambahan limbah plastik LDPE variasi 2% = 5,55%
 - c. Nilai KAO penambahan limbah plastik LDPE variasi 2,5% = 5,65%

Dengan kadar penambahan plastik yang didapat telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 semestinya dapat diterapkan pada jalan raya di Indonesia khususnya di Sumatera Utara.

5.2. Saran

Saran yang dapat disampaikan berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan yaitu sebagai berikut :

1. Perlu nya ketelitian saat melakukan pengujian gradasi dan berat jenis agar tidak ada kesalahan. Karena dapat mempengaruhi keseluruhan penelitian yang akan dikerjakan.
2. Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai penambahan plastik *Low Density Polythylene* (LDPE) dengan kadar-kadar lain agar mendapatkan hasil yang terbaik untuk digunakan secara umum di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Heru Prastyo, Sugeng Dwi Hartyanto, Herlan Pratikto, Heri Wahyudiono (2018). *Penggunaan Limbah Polietilen Densitas Tinggi Sebagai Pengubah Bitumen Dalam Campuran Aspal*. Lamongan, Kediri: Fakultas Teknik Universitas Islam Lamongan, Fakultas Teknik Universitas Kadiri.
- Asfiati, S., Zurkiyah, Yani, M., Indrayani, & Prafanti, S. (2022). Analysis of mixed stiffness modulus of different asphalt levels for AC-BC pavement layer with pertamina 60/70 asphalt and 60/70 esso asphalt material. *Journal of physics: Conference Series*, 2193(1), 4-10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2193/1/012017>
- Birahmatika Afriyanto, Eva Wahyu Indriyati, Probo Hardini (2019). *Pengaruh Limbah Plastik Low Density Polyethylene terhadap Karakteristik Dasar Aspal*. Purbalingga:Fakultas Teknik Universitas Jendral Soedirman.
- Semangat Marudut Tua Debataraja, Natalius Sihite (2020). *Pengaruh Penambahan Plastik Bekas Tipe Polyethylene Terephthalate (PET) Terhadap Daya Lekat Campuran Laston Lapis AC-WC*. Medan: Universitas Darma Agung.
- Ellis Seprian Arisandi, Destriantomy, Supiyan (2021). *Analisis Karakteristik Marshall Campuran Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) Menggunakan Bahan Tambah Plastik Bekas Jenis High Density Polyethylene (HDPE)*. Palangka Raya: Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.
- Nila Ardiyah (2022). *Pengaruh Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-BC Dengan Pengujian Marshall*. Medan: Program Studi, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Nabila Andini Siregar (2019). *Pengaruh Penambahan Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Terhadap Karakteristik Campuran Aspal AC-WC*. Medan : Fakultas Teknik, Departemen Teknik Sipil, Universitas Sumatera Utara.
- Badan Pusat Statistik (2021). *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia*. Jakarta, Indonesia.

Direktorat Jendral Bina Marga (2018). *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan*. Indonesia, Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.

Parningotan, Muhammad Iqbal (2021). *Pengaruh Penambahan Plastik Low Linear Density Polyethylene (LLDPE) Sebagai Bahan Tambahan Terhadap Campuran Aspal Beton (AC-WC)*. Medan: Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara.

Oscar H. Kaseke, Mecky R. E. Manoppo (2015). *Pengaruh Suhu dan Durasi Terendamnya Perkerasan Beraspal Panas Terhadap Stabilitas dan Kelelahan (flow)*. Manado: Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratulangi Manado.

Silvia Sukirman (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung : Grafika Yuana Marga, Indonesia.

Silvia Sukirman (2016). *Beton Aspal Campuran Panas*. Bandung : Institut Teknologi Nasional, Indonesia.

Silvia Sukirman (2010). *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*. Bandung : Teknologi Nasional, Indonesia.

Spesifikasi Umum Bina Marga, 2018. 2018. “Spesifikasi Umum 2018”

LAMPIRAN



Gambar L1: Proses pengambilan agregat di Laboratorium PT. Adhi Karya, Lantasan Baru, Patumbak.



Gambar L2: Limbah plastik LDPE yang telah dicacah



Gambar L3: Agregat Kasar $\frac{3}{4}$ inch



Gambar L4: Agregat Kasar Medium (MA) $\frac{1}{2}$ inch



Gambar L5: Pasir (*Sand*)



Gambar L6: Abu Batu



Gambar L7: Aspal pen 60/70



Gambar L8: Proses analisa saringan agregat



Gambar L9: Proses penimbangan agregat untuk benda uji.



Gambar L10: Proses penimbangan plastik LDPE sesuai kadar variasi.



Gambar L11: Proses pencampuran agregat dengan aspal yang telah ditambahkan dengan plastik LDPE



Gambar L12: Proses pemanasan benda uji



Gambar L13: Proses pencetakan benda uji



Gambar L14: Proses penumbukan benda uji




Gambar L15: Proses perendaman benda uji selama 24 jam




Gambar L16: Perendaman benda uji pada *Waterbath*




Gambar L17: Proses pengujian *Marshall*

Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall		SIEVE ANALYSIS TEST									
SUMBER MATERIAL : COLD BIN											
FINE AGGREGATE											
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)	
		Individual Wt	Weight Cumulative			Individual Wt	Weight Cumulative				
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)		
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
No. 4	4,76	36,4	36,4	3,32	96,68	12,0	12,0	1,24	98,76	97,72	
No. 8	2,88	228,0	264,4	24,12	75,88	205,1	217,1	22,50	77,50	76,69	
No. 16	1,19	252,3	516,7	47,14	52,86	232,0	449,1	46,54	53,46	53,16	
No. 30	0,595	188,0	704,7	64,30	35,70	150,3	599,4	62,11	37,89	36,79	
No. 50	0,297	102,3	807,0	73,63	26,37	123,1	722,5	74,87	25,13	25,75	
No. 100	0,15	107,7	914,7	83,46	16,54	72,1	794,6	82,34	17,66	17,10	
No. 200	0,074	181,0	988,0	90,15	9,85	129,8	852,3	88,32	11,68	10,77	
Total Weight		1096,0				965,0					
NATURAL SAND											
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)	
		Individual Wt	Weight Cumulative			Individual Wt	Weight Cumulative				
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)		
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
No. 4	4,76	29,3	29,3	2,67	97,33	36,2	36,2	2,24	97,76	97,54	
No. 8	2,88	64,5	93,8	5,74	94,26	80,7	116,9	7,25	92,75	93,51	
No. 16	1,19	160,4	254,2	15,56	84,44	270,9	387,8	24,03	75,97	80,20	
No. 30	0,595	610,8	865,0	52,94	47,06	513,1	900,9	55,84	44,16	45,61	
No. 50	0,297	635,9	1500,9	91,85	8,15	385,9	1286,8	79,75	20,25	14,20	
No. 100	0,15	61,2	1562,1	95,60	4,40	236,1	1522,9	94,38	5,62	5,01	
No. 200	0,074	109,7	1610,6	98,57	1,43	293,9	1580,7	97,97	2,03	1,73	
Total Weight		1634,0				1613,5					
Diketahui Oleh : Quality Control										Abdi Saftiri	

Lampiran 1 : Data analisa saringan agregat kasar

Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Pada Campuran Laston AC WC Dengan Pengujian Marshall				SIEVE ANALYSIS TEST						
SUMBER MATERIAL - COLD BIN										
FINE AGGREGATE										
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt	Weight Cumulative			Individual Wt	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	4,76	36,4	36,4	3,32	96,68	12,0	12,0	1,24	98,76	97,72
No. 8	2,88	228,0	264,4	24,12	75,88	205,1	217,1	22,50	77,50	76,69
No. 16	1,19	252,3	516,7	47,14	52,86	232,0	449,1	46,54	53,46	53,16
No. 30	0,595	188,0	704,7	64,30	35,70	150,3	599,4	62,11	37,89	36,79
No. 50	0,297	102,3	807,0	73,63	26,37	123,1	722,5	74,87	25,13	25,75
No. 100	0,15	107,7	914,7	83,46	16,54	72,1	794,6	82,34	17,66	17,10
No. 200	0,074	181,0	988,0	90,15	9,85	129,8	852,3	88,32	11,68	10,77
Total Weight		1096,0				965,0				
NATURAL SAND										
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)
		Individual Wt	Weight Cumulative			Individual Wt	Weight Cumulative			
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00
No. 4	4,76	29,3	29,3	2,67	97,33	36,2	36,2	2,24	97,76	97,54
No. 8	2,88	64,5	93,8	5,74	94,26	80,7	116,9	7,25	92,75	93,51
No. 16	1,19	160,4	254,2	15,56	84,44	270,9	387,8	24,03	75,97	80,20
No. 30	0,595	610,8	865,0	52,94	47,06	513,1	900,9	55,84	44,16	45,61
No. 50	0,297	635,9	1500,9	91,85	8,15	385,9	1286,8	79,75	20,25	14,20
No. 100	0,15	61,2	1562,1	95,60	4,40	236,1	1522,9	94,38	5,62	5,01
No. 200	0,074	109,7	1610,6	98,57	1,43	293,9	1580,7	97,97	2,03	1,73
Total Weight		1634,0				1613,5				
Ditertahai Oleh : Quality Control Abdi Saffiri										

Lampiran 2 : Data analisa saringan agregat halus

Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall		SIEVE ANALYSIS TEST									
SUMBER MATERIAL : COLD BIN											
FINE AGGREGATE											
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)	
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative				
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)		
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
No. 4	4,76	36,4	36,4	3,32	96,68	12,0	12,0	1,24	98,76	97,72	
No. 8	2,88	228,0	264,4	24,12	75,88	205,1	217,1	22,50	77,50	76,69	
No. 16	1,19	252,3	516,7	47,14	52,86	232,0	449,1	46,54	53,46	53,16	
No. 30	0,595	188,0	704,7	64,30	35,70	150,3	599,4	62,11	37,89	36,79	
No. 50	0,297	102,3	807,0	73,63	26,37	123,1	722,5	74,87	25,13	25,75	
No. 100	0,15	107,7	914,7	83,46	16,54	72,1	794,6	82,34	17,66	17,10	
No. 200	0,074	181,0	988,0	90,15	9,85	129,8	852,3	88,32	11,68	10,77	
Total Weight		1096,0				965,0					
NATURAL SAND											
Sieve Size		Sample 1				Sample 2				Average Passing (%)	
		Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative			Individual Wt Retained (Gr)	Weight Cumulative				
Inch	mm	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)	Retained (Gr)	Retained (Gr)	Retained (%)	Passing (%)		
1	25,4	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/4	19,1	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
1/2	12,7	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
3/8	9,5	0	0	0,00	100,00	0	0	0,00	100,00	100,00	
No. 4	4,76	29,3	29,3	2,67	97,33	36,2	36,2	2,24	97,76	97,54	
No. 8	2,88	64,5	93,8	5,74	94,26	80,7	116,9	7,25	92,75	93,51	
No. 16	1,19	160,4	254,2	15,56	84,44	270,9	387,8	24,03	75,97	80,20	
No. 30	0,595	610,8	865,0	52,94	47,06	513,1	900,9	55,84	44,16	45,61	
No. 50	0,297	635,9	1500,9	91,85	8,15	385,9	1286,8	79,75	20,25	14,20	
No. 100	0,15	61,2	1562,1	95,60	4,40	236,1	1522,9	94,38	5,62	5,01	
No. 200	0,074	109,7	1610,6	98,57	1,43	293,9	1580,7	97,97	2,03	1,73	
Total Weight		1634,0				1613,5					
Diketahui Oleh : Quality Control Abdi Saifuri											

Lampiran 3 : Data kombinasi campuran aspal



SUMBER MATERIAL : COLD BIN

1. COARSE AGGREGATE (RETAINED NO 4 SIEVE)

Weight of oven dry sample in air
Weight of saturated surface dry sample in air
Weight of saturated sample in air

	CA 3/4"		MA 1/2		FA		SAND	
	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2
A (Gr)	2606	2587	2331	2319	1821	1562		
B (Gr)	2622	2609	2353	2344	1839	1575		
C (Gr)	1616	1605	1446	1445	1129	962.5		

Bulk Specific Gravity (Gr/cc) $A / (B-C)$
App Specific Gravity (Gr/cc) $A / (A-C)$
Ssd Specific Gravity (Gr/cc) $B / (B-C)$
Absortion (%) $(B-A)/A \times 100$

	CA 3/4"			MA 1/2			FA			SAND		
	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	2.590	2.577	2.584	2.570	2.580	2.575	2.565	2.546	2.555	0.000	0.000	0.000
App Specific Gravity (Gr/cc)	2.632	2.634	2.633	2.634	2.653	2.644	2.632	2.606	2.619	0.000	0.000	0.000
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	2.606	2.599	2.602	2.594	2.607	2.601	2.590	2.569	2.580	0.000	0.000	0.000
Absortion (%)	0.614	0.850	0.732	0.944	1.078	1.011	0.988	0.896	0.942	0.000	0.000	0.000

2. FINE AGGREGATE (PASSING NO 4 SIEVE)

Weight of saturated surface dry sample in air
Weight of oven dry sample in air
Weight of picnometer filled with water
Weight of picnometer filled with saturated water
Weight of saturated sample investor

	CA 3/4"		MA 1/2		FA		SAND	
	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2	Sample 1	Sample 2
A (Gr)			500	500	500	500	500	500
B (Gr)			489.2	489.6	490.7	490.8	492.5	493.2
C (Gr)			1270.1	1225	1224	1270.4	1226	1224
			1577.1	1533	1532.6	1577.1	1529.6	1530.3

Bulk Specific Gravity (Gr/cc) $A / (B+500-C)$
App Specific Gravity (Gr/cc) $A / (B+A-C)$
Ssd Specific Gravity (Gr/cc) $500/(B+500-C)$
Absortion (%) $(500-A)/A \times 100$

	CA 1"			MA 1/2			FA			SAND		
	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average	Sample 1	Sample 2	Average
Bulk Specific Gravity (Gr/cc)	0.000	0.000	0.000	2.535	2.550	2.542	2.564	2.539	2.551	2.508	2.546	2.527
App Specific Gravity (Gr/cc)	0.000	0.000	0.000	2.685	2.696	2.690	2.695	2.666	2.680	2.607	2.639	2.623
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)	0.000	0.000	0.000	2.591	2.604	2.597	2.612	2.587	2.599	2.546	2.581	2.564
Absortion (%)	0.000	0.000	0.000	2.208	2.124	2.166	1.895	1.874	1.885	1.523	1.379	1.451

3. AVERAGE SPESIFIC GRAVITY OF AGGREGAT

Percentage of aggregate retained No 4 sieve (%)
Percentage of aggregate passing No 4 sieve (%)

CA 3/4	MA 1/2	FA + F	SAND
100.00	64.37	6.32	0.00
0.00	35.64	93.68	100.00

4. RESULT TEST

Bulk Specific Gravity (Gr/cc)
App Specific Gravity (Gr/cc)
Ssd Specific Gravity (Gr/cc)
Absortion (%)

CA 3/4	MA 1/2	FA	SAND
2.584	2.563	2.552	2.527
2.633	2.660	2.676	2.623
2.602	2.600	2.598	2.564
0.732	1.423	1.825	1.451

Lampiran 4 : Data berat jenis agregat



**PERCOBAAN MARSHALL
(SNI 06-2489-1991)**

JMD BASE CAMP
PATUMBAK PSR V

NO :
SOURCE : COLD BIN (AC - WC)
DATE :

No./Sta	Aggregate	A.C mixes	Berat (gram)			Volume	Berat Jenis (grm/cc)		VMA	VIM	VFA	Bacaan	Stability		Kelelahan	Marshall	K.Asphalt
	(%)	(%)	Kering	Dalam Air	Jenuh	cc	Aktual	Teoritis	(%)	(%)	(%)	arloji	Kalibrasi	Correlation	mm	Quotient	Efektif
	a	b	c	d	e	f=d-e	g=c/f	h	i	j	k	l	m	n=m*scr	o	p=n/o	q
1	95.0	5.0	1230.2	693.2	1238.0	544.8	2.258					45	1088.7	969	2.60		
2			1240.2	701.1	1247.8	546.7	2.269					40	967.7	861	2.20		
3			1240.7	706.7	1259.0	552.3	2.246					43	1040.3	926	2.30		
Rata - rata							2.258	2.411	16.12	6.37	60.45	Rata - rata	919	2.37		388	4.44
1	94.5	5.5	1235.4	701.1	1243.3	542.2	2.278					53	1282.3	1141	3.10		
2			1244.3	698.0	1249.9	551.9	2.255					46	1112.9	990	3.10		
3			1250.3	709.8	1257.6	547.8	2.282					49	1185.5	1055	3.20		
Rata - rata							2.272	2.394	16.04	5.12	68.07	Rata - rata	1062	3.13		339	4.94
1	94.0	6.0	1245.3	697.5	1243.3	545.8	2.282					56	1354.8	1206	3.60		
2			1240.3	704.2	1247.7	543.5	2.282					53	1282.3	1141	3.20		
3			1238.2	703.5	1245.5	542.0	2.285					52	1258.1	1120	3.30		
Rata - rata							2.283	2.378	16.08	4.00	75.15	Rata - rata	1156	3.37		343	5.45

K.Aggregat	94.5	K.Asphalt	5.5
Bj.Bulk	2.557	Bj.Asphalt	1.029
Gmm	2.394	Bj.Eff Agg	2.595
Absp Aspl	0.59		

Keterangan

a = % Asphalt terhadap batuan
 b = % Asphalt terhadap campuran
 c = Berat contoh Kering (gr)
 d = Berat contoh dalam keadan jenuh
 e = Berat contoh dalam Air
 f = Isi Contoh (d - e)
 g = Berat Isi (c - f)

* GMM ditentukan dengan cara AASTHO T 209 pada kadar asphalt optimum perkiraan
 $P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + K$
 K = 0.5 - 1 Untuk laston, 2.0 - 3.0 Untuk lastaston

** Bj. Eff Agg

$$Bj. Eff Agg = \frac{100 - KA}{\frac{100}{Gmm} - \frac{KA}{BjAsphalt}}$$

h = Bj.Maksimum campuran (teoritis)
 $Gmm = \frac{100}{\frac{\% Agg}{BjEffagg} + \frac{\% Asphalt}{BjAsphalt}}$

i = % Rongga diantara Agg
 $100 - \frac{(100 - b) g}{Bj.Bulk aggregate}$

j = Persen rongga terhadap campuran 100 - (100 g/h)
 k = Persen rongga terisi Asphalt 100 - (1 - j) / i
 l = Pembacaan arloji stability
 m = Stabilitas (l x kalibrasi proving ring),(Kg)
 n = Stabilitas (ml x koreksi benda uji),(Kg)
 o = Kelelahan (mm)
 p = Hasil bagi marshall (Kg/m)

*** Absorpsi Asphalt terhadap aggregate
 $100 \times \frac{Bj.eff - Bj.bulk}{Bj.eff \times Bj.bulk} \times Bj.Asphalt$

q = Kadar Asphalt Efektif
 $b = \frac{Abs Asphalt (100 - b)}{100}$

Kalibrasi Prov Ring : 24,194 kg
 53,337 Lb/div

Lampiran 5 : Data Marshall aspal campuran normal

Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polythylene (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall

PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SUMBER MATERIAL : COLD BIN

Engineer :
 Date :
 Mix To Be Laid At :

Penetration Grade of Bitumen = AC 60/70
 Specific Gravity of Bitumen, T = 1,029
 Calibration Ring, Ring = 24,17688 kg

Specific Gravity Aggregate			
No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2,585	2,635
b	MA	2,563	2,656
c	FA+F	2,544	2,676
d	SAND	2,526	2,621

Spec No	Bitument Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absorption Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qoumient (Kg/mm)
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	1 x K / T	(100-A)/B	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T	
1	6,50	2,553	2,607	2,370	1262,3	717,0	1267,0	550,0	2,295							90	1937	3,00		
					1253,1	713,0	1257,9	544,9	2,300							105	2259	3,30		
					1273,0	725,0	1278,4	553,4	2,300							95	2044	3,25		
									2,298	0,78	5,78	12,90	84,18	3,04	15,94	80,94	2080	3,18	653	
2	7,00	2,553	2,607	2,354	1230,1	700,0	1234,6	534,6	2,301							79	1776	4,20		
					1227,9	697,0	1231,3	534,3	2,298							85	1911	4,45		
					1224,8	688,0	1228,4	540,4	2,266							70	1574	4,70		
									2,289	0,77	6,28	13,97	83,37	2,78	16,75	83,41	1754	4,45	394	

- $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
- $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
- $D = 100 / \{ (100-A)C + A/T \}$
- $J = 100(C-B)(B*C)^*T$
- $K = A - (100 - A) / 100 X J$
- $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
 If $Q > 0,8$ then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)					
a	b	c	d	e	f
10	35	47	8	0	1,5

REMARK _____

Lampiran 6 : Data Marshall aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE variasi 1,5%

Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall

PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD



SUMBER MATERIAL : COLD BIN

Engineer :
 Date :
 Mix To Be Laid At :

Penetration Grade of Bitumen = AC 60/70
 Specific Gravity of Bitumen, T = 1,029
 Calibration Ring, Ring = 24,17688 kg

Specific Gravity Aggregate			
No	Aggregate	oven dry	app
a	CA 1	2.585	2.635
b	MA	2.563	2.656
c	FA+F	2.544	2.676
d	SAND	2.526	2.621

Spec No	Bitumen Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absortion Bt (% By Wt) Of Tot Mix	% eff AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Qouintient (Kg/mm)
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	
% Bt By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	1 x K / T	(100-A)/B	100(D - I) / D	L + N	(L / O) x 10	From Lab		From Lab	R/T	
1	6.50	2.553	2.607	2.370	1262.3	717.0	1267.0	550.0	2.295							90	1937	3.00		
					1253.1	713.0	1257.9	544.9	2.300							105	2259	3.30		
					1273.0	725.0	1278.4	553.4	2.300							95	2044	3.25		
									2.298	0.78	5.78	12.90	84.18	3.04	15.94	80.94	2080	3.18	653	
2	7.00	2.553	2.607	2.354	1230.1	700.0	1234.6	534.6	2.301							79	1776	4.20		
					1227.9	697.0	1231.3	534.3	2.298							85	1911	4.45		
					1224.8	688.0	1228.4	540.4	2.266							70	1574	4.70		
									2.289	0.77	6.28	13.97	83.37	2.78	16.75	83.41	1754	4.45	394	

- $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$
 - $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$
 - $D = 100 / \{ (100-A)/C + A/T \}$
 - $J = 100(C-B)/(B*C)*T$
 - $K = A - (100 - A) / 100 * X$
 - $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$
- If Q > 0,8 then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSTHO T 209 - 74

MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)					
a	b	c	d	e	f
10	35	47	8	0	2

REMARK

Lampiran 7 : Data Marshall aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE variasi 2%

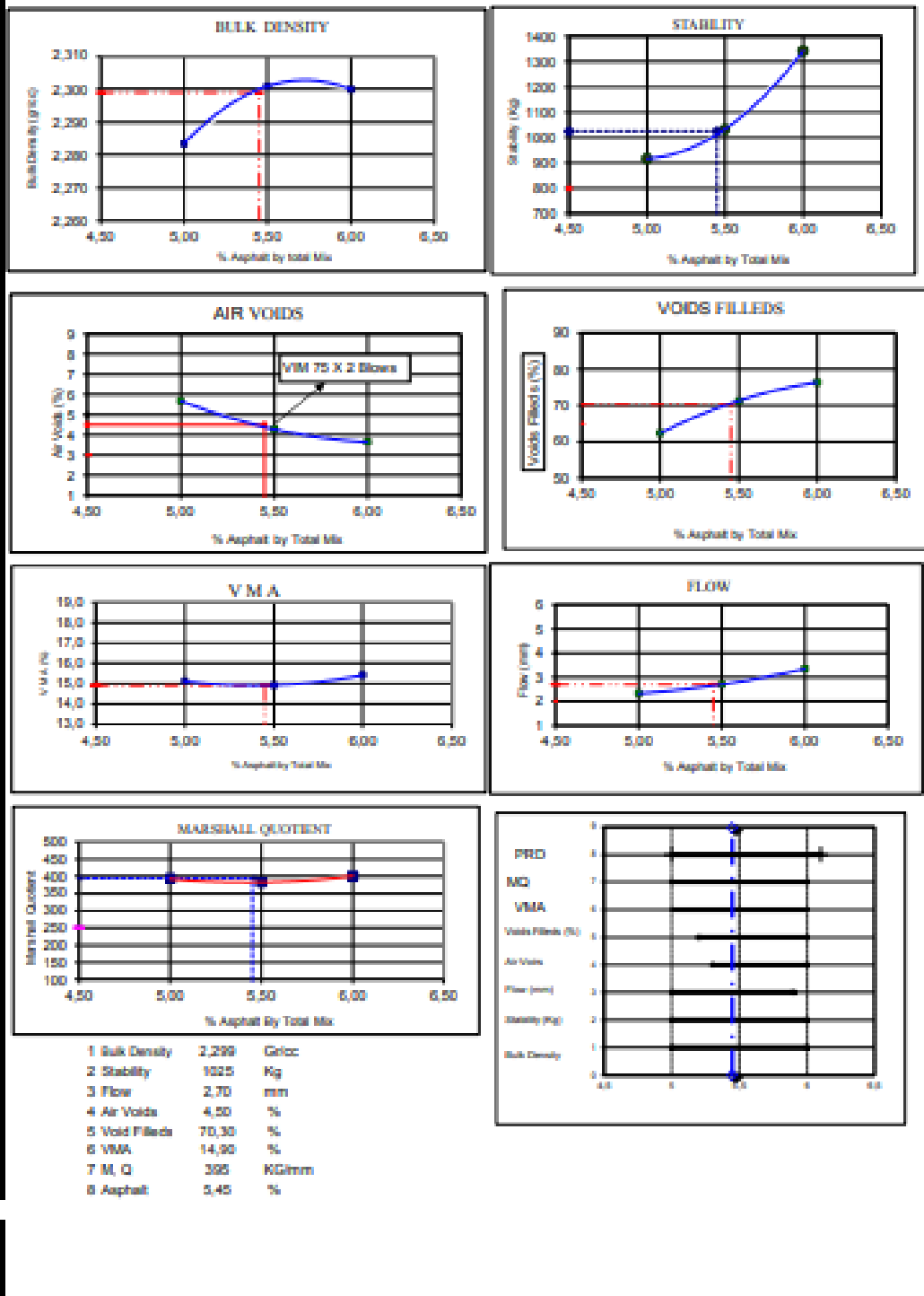
Analisis Penambahan Limbah Plastik Jenis Low Density Polythylene (LDPE) Pada Campuran Laston AC-WC Dengan Pengujian Marshall	PROPERTIES OF HIGH DURABILITY ASPHALT MIXES BY THE MARSHALL METHOD																																																																																																																																																																																																																																																			
Engineer : Penetration Grade of Bitumen = AC 60/70 Date : Specific Gravity of Bitumen, T = 1,029 Calibration Ring, Ring = 24,17688 kg Mix To Be Laid At :		SUMBER MATERIAL : COLD BIN <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <caption>Specific Gravity Aggregate</caption> <thead> <tr> <th>No</th> <th>Aggregate</th> <th>oven dry</th> <th>app</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>a</td> <td>CA 1</td> <td>2.585</td> <td>2.635</td> </tr> <tr> <td>b</td> <td>MA</td> <td>2.563</td> <td>2.656</td> </tr> <tr> <td>c</td> <td>FA+F</td> <td>2.544</td> <td>2.676</td> </tr> <tr> <td>d</td> <td>SAND</td> <td>2.526</td> <td>2.621</td> </tr> </tbody> </table>	No	Aggregate	oven dry	app	a	CA 1	2.585	2.635	b	MA	2.563	2.656	c	FA+F	2.544	2.676	d	SAND	2.526	2.621																																																																																																																																																																																																																														
No	Aggregate	oven dry	app																																																																																																																																																																																																																																																	
a	CA 1	2.585	2.635																																																																																																																																																																																																																																																	
b	MA	2.563	2.656																																																																																																																																																																																																																																																	
c	FA+F	2.544	2.676																																																																																																																																																																																																																																																	
d	SAND	2.526	2.621																																																																																																																																																																																																																																																	
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Spec No</th> <th rowspan="2">Bitumen Content</th> <th rowspan="2">Bulk Sp Gg Of Total Agg</th> <th rowspan="2">Eff Sp Gg Of Total Agg</th> <th rowspan="2">Max Sp Gr Combined Mix</th> <th colspan="3">Weight (Gram)</th> <th rowspan="2">Volume Of Specimen</th> <th rowspan="2">Bulk Density (Gr/cc)</th> <th rowspan="2">Absortion Bit (% By Wt) Of Tot Mix</th> <th rowspan="2">% e/f AC BY Mix</th> <th colspan="3">Volume % of Total</th> <th rowspan="2">VMA (%)</th> <th rowspan="2">% Voids Filled</th> <th colspan="2">Stability</th> <th rowspan="2">Flow (mm)</th> <th rowspan="2">Marshall Quantient (Kg/mm)</th> </tr> <tr> <th>In Air</th> <th>In Water</th> <th>SSD</th> <th>Eff AC</th> <th>Agg</th> <th>Air Void</th> <th>Measure</th> <th>Adjust (Kg)</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>C</th> <th>D</th> <th>E</th> <th>F</th> <th>G</th> <th>H</th> <th>I</th> <th>J</th> <th>K</th> <th>L</th> <th>M</th> <th>N</th> <th>O</th> <th>P</th> <th>Q</th> <th>R</th> <th>S</th> <th>T</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td>% Bit By Wt Of Mix</td> <td>Refer Note 1</td> <td>Refer Note 2</td> <td>Refer Note 3</td> <td>From Lab</td> <td>From Lab</td> <td>From Lab</td> <td>G - F</td> <td>E / H</td> <td>Refer Note 4</td> <td>Refer Note 5</td> <td>1 x K / T</td> <td>(100-A)/B</td> <td>100(D - I) / I</td> <td>L + N</td> <td>L / O) x 10</td> <td>From Lab</td> <td>From Lab</td> <td>R/T</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>6.50</td> <td>2.553</td> <td>2.607</td> <td>2.370</td> <td>1262.3</td> <td>717.0</td> <td>1267.0</td> <td>550.0</td> <td>2.295</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>90</td> <td>1937</td> <td>3.00</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1253.1</td> <td>713.0</td> <td>1257.9</td> <td>544.9</td> <td>2.300</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>105</td> <td>2259</td> <td>3.30</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1273.0</td> <td>725.0</td> <td>1278.4</td> <td>553.4</td> <td>2.300</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>95</td> <td>2044</td> <td>3.25</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.298</td> <td>0.78</td> <td>5.78</td> <td>12.90</td> <td>84.18</td> <td>3.04</td> <td>15.94</td> <td>80.94</td> <td></td> <td>2080</td> <td>3.18</td> <td>653</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>7.00</td> <td>2.553</td> <td>2.607</td> <td>2.354</td> <td>1230.1</td> <td>700.0</td> <td>1234.6</td> <td>534.6</td> <td>2.301</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>79</td> <td>1776</td> <td>4.20</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1227.9</td> <td>697.0</td> <td>1231.3</td> <td>534.3</td> <td>2.298</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>85</td> <td>1911</td> <td>4.45</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1224.8</td> <td>688.0</td> <td>1228.4</td> <td>540.4</td> <td>2.266</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>70</td> <td>1574</td> <td>4.70</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2.289</td> <td>0.77</td> <td>6.28</td> <td>13.97</td> <td>83.37</td> <td>2.78</td> <td>16.75</td> <td>83.41</td> <td></td> <td>1754</td> <td>4.45</td> <td>394</td> </tr> </tbody> </table>																						Spec No	Bitumen Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absortion Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% e/f AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Quantient (Kg/mm)	In Air	In Water	SSD	Eff AC	Agg	Air Void	Measure	Adjust (Kg)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T		% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	1 x K / T	(100-A)/B	100(D - I) / I	L + N	L / O) x 10	From Lab	From Lab	R/T	1	6.50	2.553	2.607	2.370	1262.3	717.0	1267.0	550.0	2.295							90	1937	3.00						1253.1	713.0	1257.9	544.9	2.300							105	2259	3.30						1273.0	725.0	1278.4	553.4	2.300							95	2044	3.25									2.298	0.78	5.78	12.90	84.18	3.04	15.94	80.94		2080	3.18	653	2	7.00	2.553	2.607	2.354	1230.1	700.0	1234.6	534.6	2.301							79	1776	4.20						1227.9	697.0	1231.3	534.3	2.298							85	1911	4.45						1224.8	688.0	1228.4	540.4	2.266							70	1574	4.70									2.289	0.77	6.28	13.97	83.37	2.78	16.75	83.41		1754	4.45	394
Spec No	Bitumen Content	Bulk Sp Gg Of Total Agg	Eff Sp Gg Of Total Agg	Max Sp Gr Combined Mix	Weight (Gram)			Volume Of Specimen	Bulk Density (Gr/cc)	Absortion Bit (% By Wt) Of Tot Mix	% e/f AC BY Mix	Volume % of Total			VMA (%)	% Voids Filled	Stability		Flow (mm)	Marshall Quantient (Kg/mm)																																																																																																																																																																																																																																
					In Air	In Water	SSD					Eff AC	Agg	Air Void			Measure	Adjust (Kg)																																																																																																																																																																																																																																		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T																																																																																																																																																																																																																																	
	% Bit By Wt Of Mix	Refer Note 1	Refer Note 2	Refer Note 3	From Lab	From Lab	From Lab	G - F	E / H	Refer Note 4	Refer Note 5	1 x K / T	(100-A)/B	100(D - I) / I	L + N	L / O) x 10	From Lab	From Lab	R/T																																																																																																																																																																																																																																	
1	6.50	2.553	2.607	2.370	1262.3	717.0	1267.0	550.0	2.295							90	1937	3.00																																																																																																																																																																																																																																		
					1253.1	713.0	1257.9	544.9	2.300							105	2259	3.30																																																																																																																																																																																																																																		
					1273.0	725.0	1278.4	553.4	2.300							95	2044	3.25																																																																																																																																																																																																																																		
								2.298	0.78	5.78	12.90	84.18	3.04	15.94	80.94		2080	3.18	653																																																																																																																																																																																																																																	
2	7.00	2.553	2.607	2.354	1230.1	700.0	1234.6	534.6	2.301							79	1776	4.20																																																																																																																																																																																																																																		
					1227.9	697.0	1231.3	534.3	2.298							85	1911	4.45																																																																																																																																																																																																																																		
					1224.8	688.0	1228.4	540.4	2.266							70	1574	4.70																																																																																																																																																																																																																																		
								2.289	0.77	6.28	13.97	83.37	2.78	16.75	83.41		1754	4.45	394																																																																																																																																																																																																																																	
1. $B = (a+b+c+d+e) / (a/oven_a + b/oven_b + c/oven_c + d/oven_d)$ 2. $C = \{ (a+b+c+d+e) / (a/app_a + b/app_b + c/app_c + d/app_d) + B \} / 2$ 3. $D = 100 / \{ (100-A)C + A/T \}$ 4. $J = 100(C-B)/(B*C)*T$ 5. $K = A - (100 - A) / 100 X J$ 6. $R = 1000(A-J) / UT(100-A)$ IF $Q > 0,8$ then formula shown for D shall not be used and shall be obtained instead ASSHTO T 209 - 74					<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="6" style="text-align: center;">MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)</th> </tr> <tr> <th>a</th> <th>b</th> <th>c</th> <th>d</th> <th>e</th> <th>f</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10</td> <td>35</td> <td>47</td> <td>8</td> <td>0</td> <td>2,5</td> </tr> </tbody> </table>						MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)						a	b	c	d	e	f	10	35	47	8	0	2,5	REMARK _____ _____ _____																																																																																																																																																																																																																							
MIX PROPORTION (% BY WT OF COMB AGGREGATE)																																																																																																																																																																																																																																																				
a	b	c	d	e	f																																																																																																																																																																																																																																															
10	35	47	8	0	2,5																																																																																																																																																																																																																																															

Lampiran 8 : Data Marshall aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE variasi 2,5%



HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD
TEST PROPERTY CURVES

SUMBER MATERIAL : COLD BIN

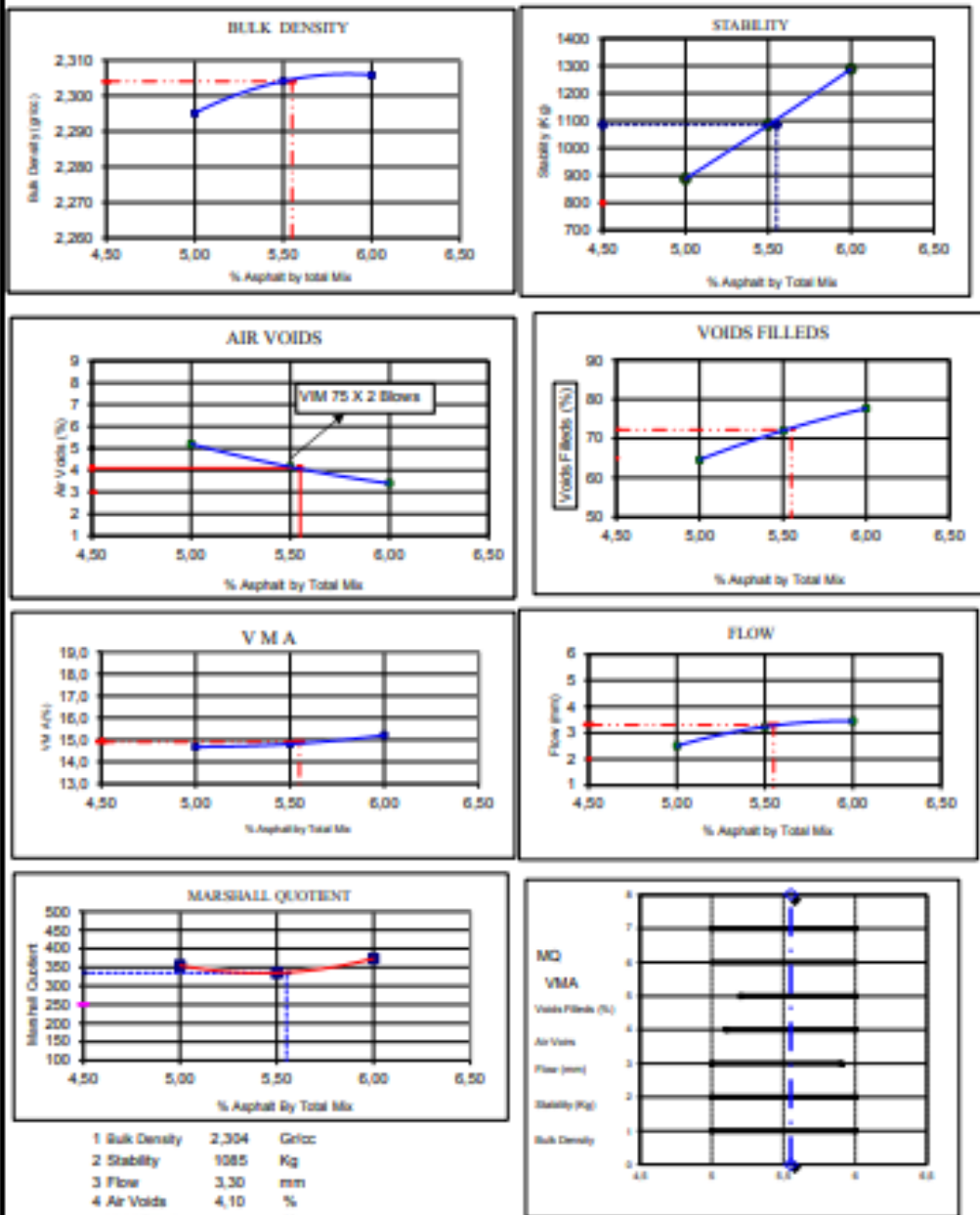


Lampiran 9 : Grafik data *Marshall* aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE variasi 1,5%



HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD
TEST PROPERTY CURVES

SUMBER MATERIAL : COLD BITUM

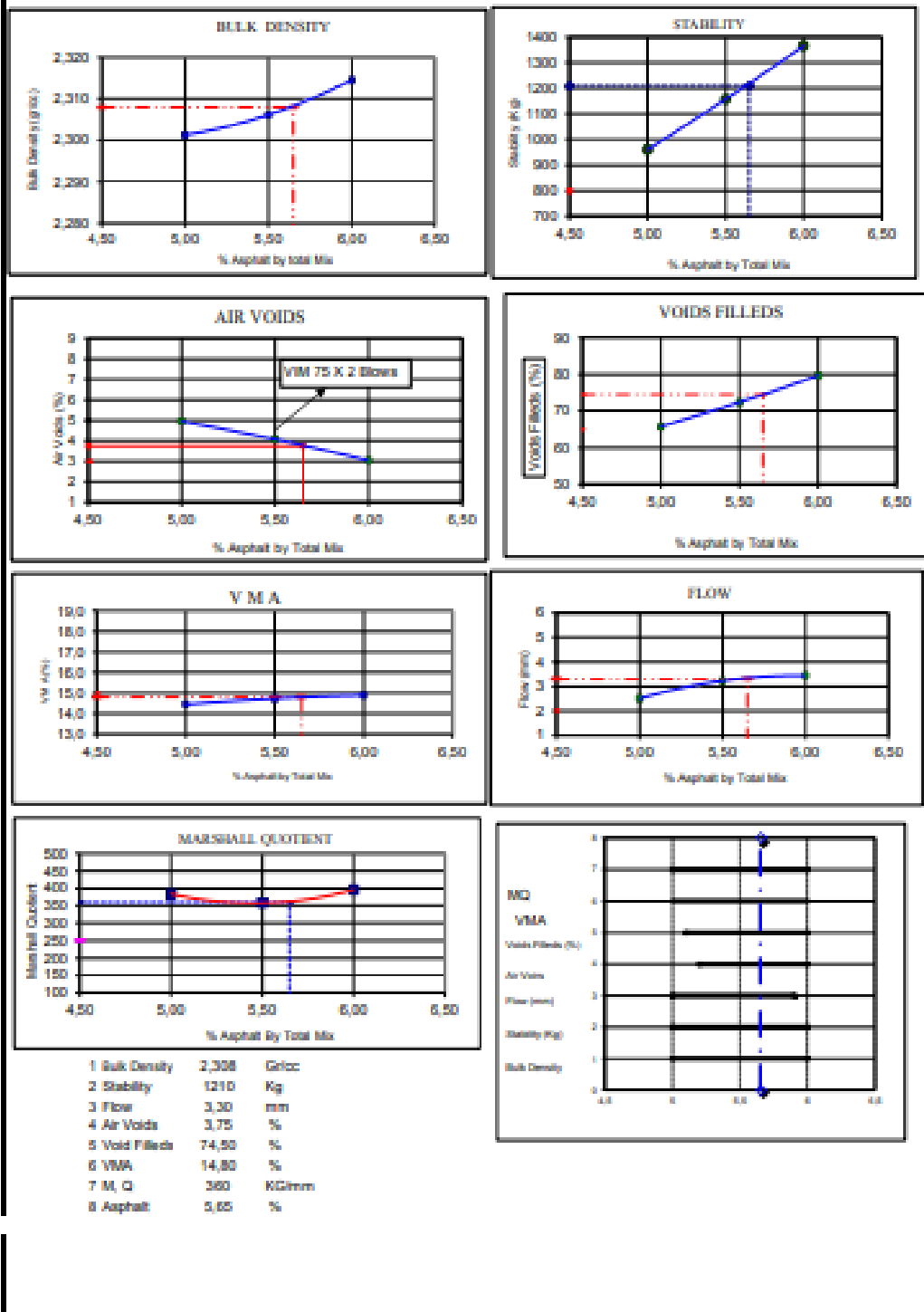


Lampiran 10 : Grafik data *Marshall* aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE variasi 2%



HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD
TEST PROPERTY CURVES

SUMBER MATERIAL - COLD MIX



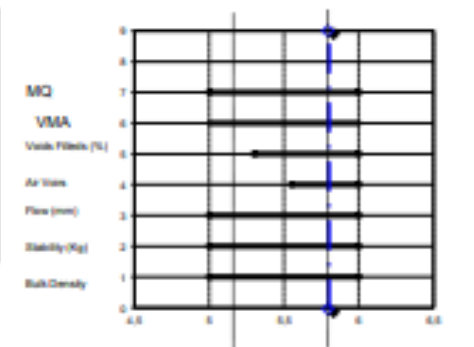
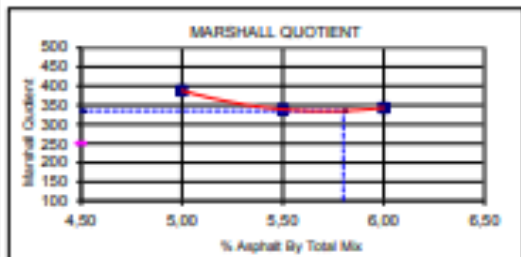
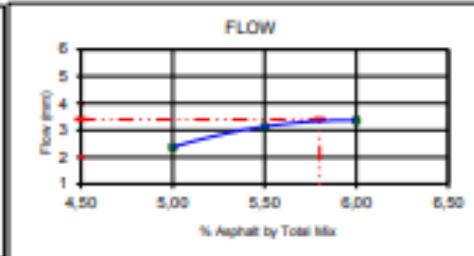
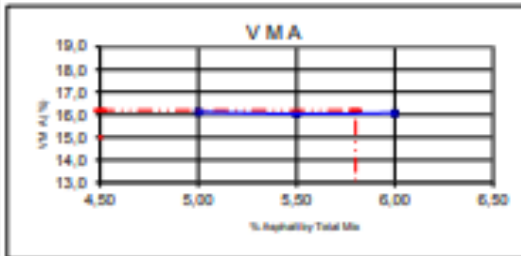
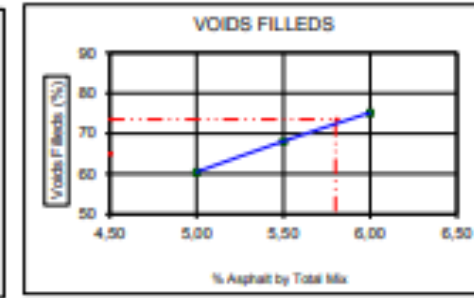
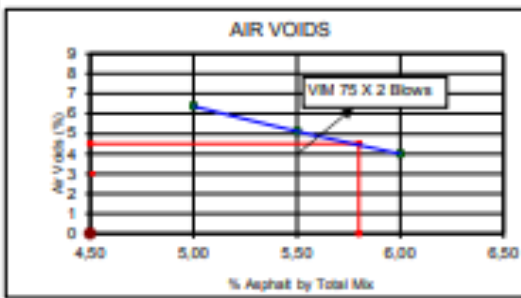
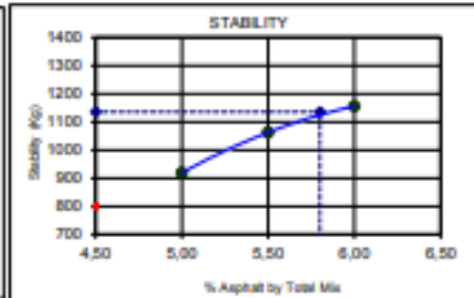
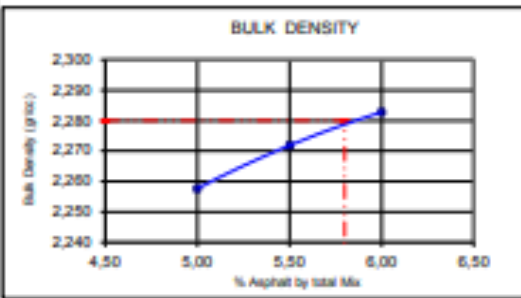
Lampiran 11 : Grafik data *Marshall* aspal dengan bahan tambah limbah plastik LDPE variasi 2,5%



JMD BASE CAMP
PATUMBAK PSR V

**HOT MIX DESIGN BY MARSHALL METHOD
TEST PROPERTY CURVES**

SUMBER MATERIAL : COLD BIN



1 Bulk Density	2,280	G/cc
2 Stability	1135	Kg
3 Flow	3,40	mm
4 Air Voids	4,50	%
5 Void Filled	73,50	%
6 VMA	16,20	%
7 M, Q	335	KG/mm
8 VM PRD	2,50	%
9 Asphalt	5,80	%

Lampiran 12 : Grafik data Marshall aspal normal

**PROPORSI CAMPURAN KADAR ASPAL DENGAN BAHAN TAMBAH
LIMBAH PLASTIK LDPE (*LOW DENSITY POLYTHYLENE*)**

Kadar Aspal 5%

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,13
MA	35%	0,35	1187,5	415,63
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,75
Asphalt	3,5%	0,035	1250	43,75
Plastik	1,5%	0,015	1250	18,75
Total	105%	1,05		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,125
MA	35%	0,35	1187,5	415,625
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,75
Asphalt	3,0%	0,03	1250	37,5
Plastik	2,0%	0,02	1250	25
Total	105%	1,05		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1187,5	95
FA	47%	0,47	1187,5	558,1
MA	35%	0,35	1187,5	415,6
CA 3/4	10%	0,1	1187,5	118,8
Asphalt	2,5%	0,025	1250	31,25
Plastik	2,5%	0,025	1250	31,25
Total	105%	1,05		1250

Lampiran 13 : Proporsi campuran aspal dengan bahan tambah limbah plastik
LDPE kadar aspal 5%

**PROPORSI CAMPURAN KADAR ASPAL DENGAN BAHAN TAMBAH
LIMBAH PLASTIK LDPE (*LOW DENSITY POLYTHYLENE*)**

Kadar Aspal 5,5%

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,19
MA	35%	0,35	1181,25	413,44
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,13
Asphalt	4%	0,04	1250	50
Plastik	1,5%	0,015	1250	18,75
Total	105,5%	1,055		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,1875
MA	35%	0,35	1181,25	413,4375
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,125
Asphalt	3,5%	0,035	1250	43,75
Plastik	2%	0,02	1250	25
Total	105,5%	1,055		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1181,25	94,5
FA	47%	0,47	1181,25	555,2
MA	35%	0,35	1181,25	413,4
CA 3/4	10%	0,1	1181,25	118,1
Asphalt	3%	0,03	1250	37,5
Plastik	2,5%	0,025	1250	31,25
Total	105,5%	1,055		1250

Lampiran 14 : Proporsi campuran aspal dengan bahan tambah limbah plastik
LDPE kadar aspal 5,5%

**PROPORSI CAMPURAN KADAR ASPAL DENGAN BAHAN TAMBAH
LIMBAH PLASTIK LDPE (*LOW DENSITY POLYTHYLENE*)**

Kadar Aspal 6%

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,25
MA	35%	0,35	1175	411,25
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	4,5%	0,045	1250	56,25
Plastik	1,5%	0,015	1250	18,75
Total	106%	1,06		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,25
MA	35%	0,35	1175	411,25
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	4%	0,04	1250	50
Plastik	2%	0,02	1250	25
Total	106,0%	1,06		1250

Proportion	Percentage	Decimal	Weight Mix (gr)	gr
Sand	8%	0,08	1175	94
FA	47%	0,47	1175	552,3
MA	35%	0,35	1175	411,3
CA 3/4	10%	0,1	1175	117,5
Asphalt	3,5%	0,035	1250	43,75
Plastik	2,5%	0,025	1250	31,25
Total	106,0%	1,06		1250

Lampiran 14 : Proporsi campuran aspal dengan bahan tambah limbah plastik
LDPE kadar aspal 6%

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



DATA DIRI PESERTA

Nama Lengkap : Wahyu Dewantara
Panggilan : Wahyu
Tempat, Tanggal Lahir : Lubuk Pakam, 28 April 2000
Jenis Kelamin : Laki-laki
Alamat : Emplasmen Sidamanik, Simalungun, Sumatera Utara
Nama Orang Tua
Ayah : Hariyadi
Ibu : Tamiyem
No.HP : 082374079707
Email : wahyudewantara0@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN

Nomor Pokok Mahasiswa : 1807210077
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Sipil
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
Alamat : Jl. Kapten Muchtar Basri BA. No.3 Medan 20238

No	Tingkat Pendidikan	Nama dan Tempat	Tahun Kelulusan
1	SD	SDN 14028 Sidamanik	2012
2	SMP	MTs. Darma Pertiwi Bah Butong	2015
3	SMK	SMKN 1 Lubuk Pakam	2018
4	Melanjutkan Kuliah di Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara Tahun 2018 sampai selesai		

