ASPAL MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN PLASTIK *LOW LINIEAR DENSITY POLY ETHYLENE* (LLDPE) DINTINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN UJI PENETRASI PADA LAPISAN ASPAL BETON (AC-BC)

(Skripsi)

Oleh

SEPRISKHA DIANSARI

JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
2016

ABSTRAK

ASPAL MODIFIKASI DENGNA PENAMBAHAN PLASTIK *LOW LINIEAR DENSITY POLY ETHYLENE* (LLDPE) DITINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN UNJI PENETRASI PADA LAPISAN ASPAL BETON (AC-BC)

Oleh

SEPRISKHA DIANSARI

Meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan jumlah peningkatan volume lalu lintas. Kondisi tersebut harus didukung oleh konstruksi jalan yang berkualitas, terutama dari kualitas lapis perkerasan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan. Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan *fleksibel*. Untuk menekan jumlah kebutuhan akan aspal yaitu dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal, atau dengan peningkatan mutu aspal dalam campuran seperti peningkatan stabilitias, durabilitas, dan ketahanannya terhadap air dengan menambahakan bahan tambahan dalam campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal seperti plastik *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE).

Penelitian ini dilakukan dengan meninjau dampak penambahan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) dalam campuran lapisan AC-BC. Selanjutnya, menghitung nilai kadar aspal optimum dan dilanjutkan dengan pembuatan benda uji untuk menentukan nilai kadar aspal optimum setelah proses analisis dengan melakukakn proses pengukuran, penimbangan, dan pengujian dengan alat *Marshall.*

Dari hasil analisa didapatkan nilai kadar aspal optimum yang memenuhi keenam syarat kriteria campuran aspal sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III yaitu 6,5 %. Setelah itu dilanjutkan proses variasi dengan penambahan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) dengan kadar persen 1 %, 3 %, 5 %, 7 %, 9% dihitung dari berat aspal. Dari proses analisa hasil pengujian, pada nilai stabilitas semakin bertambahnya kadar LLDPE semakin bertambah nilai stabilitas nya. Akan tetapi pa nilai VIM tidak ada yang memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III. Pada Nilai penetrsi aspal campuran mengalami penurunan.

Kata kunci: *Plastik Low Linear Density Poly Ethylene* (LLDPE), *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), Spesifikasi Bina Marga 2010 Revisi III.

ABSTRACT

ASPHALT MODIFIED BY THE ADDITION OF PLASTIC *LOW LINIEAR DENSITY POLY ETHYLENE(* LLDPE) IN TERMS OF THE CHARACTERISTICS OF *MARSHALL* AND PENETRATION TEST ON LAYER OF ASPHALT CONCRETE (AC-BC)

By

SEPRISKHA DIANSARI

With increasing of population growth accompaniwd with the increased of traffic. This condition must be supported by construction of quality roods, especially the quality of layers to provide security and confort. Asphalt is one of the materials used as materials for highway, the materials selected for the result was good and comfortable as flexible pavewent. To suppress the demand for asphalt is minimize the use of materials. To improve the quality of the asphalt in the mix such as increased stability, durability and water resistance by adding an additional ingredient in the mix that to avercome the weaknesses of the asphalt like plastic *low linear density poly ethylene* (LLDPE).

This reseach was conducted by reviewing the impact of the addution of plastic *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) in a mixturu of AC-BC layer. Next, calculate the optimum bitumen content and continued with the manufacture of test specimens to determine the optimum levels after the analysis process by perfoming the process measuring, weighing, and testing with *marshall*.

From the results of analysis obtained value of the optimum bitumen content that meets the sixth requisite criteria for the mixture according to the specification of Bina Marga 2010 revision III. After that followed the variation with the addition of plastic *low linear density poly ethylene (LLDPE)* with levels of pesecnt 1%, 3%, 5%, 7%, 9% calculate on the weight of the asphalt. From the analysis of the test reselt, the velue of the stability of the increasing levels of LLDPE in increasing the value of stability. But in value VIM no specifications that meet the standarts of Bina Marga 2010 revision III. The Velues decreased penetration of asphalt mix.

Keywords: *Plastik Low Linear Density Poly Ethylene* (LLDPE), *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC), Specifications Bina Marga 2010 Revision III.

ASPAL MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN PLASTIK *LOW LINIEAR DENSITY POLY ETHYLENE* (LLDPE) DINTINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN UJI PENETRASI PADA LAPISAN ASPAL BETON (AC-BC)

Oleh

Sepriskha Diansari

Skripsi
Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNIK
Pada
Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Lampung

FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

Skripsi	:	**ASPAL MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN PLASTIK *LOW LINIEAR DENSITY POLY ETHYLENE* (LLDPE) DITINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN UJI PENETRASI PADA LAPISAN ASPAL BETON (AC-BC)**
Nama Mahasiswa	:	**SEPRISKHA DIANSARI**
No. Pokok Mahasiswa	:	**1115011095**
Jurusan	:	**Teknik Sipil**
Fakultas	:	**Teknik**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,

Ir. Priyo Pratomo, M.T.
NIP 19530926 198503 1 003

Ir. Hadi Ali, M.T.
NIP 19570619 198903 1 002

2. Ketua Jurusan Teknik Sipil

Gatot Eko Susilo, S.T., M.Sc., Ph.D.
NIP 19700915 199503 1 006

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

   Ketua : **Ir. Priyo Pratomo, M.T.** .....

   Sekretaris : **Ir. Hadi Ali, M.T.** .....

   Penguji
   Bukan Pembimbing : **Ir. Dwi Herianto, M.T.** .....

2. Dekan Fakultas Teknik Universitas Lampung

   Prof. Dr. Suharno, M.Sc., Ph.D.
   NIP 19620717 198703 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Oktober 2016**

SURAT PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah dilakukan oleh orang lain, dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini sebagaimana disebutkan dalam daftar pustaka, selain itu saya menyatakan pula bahwa skripsi ini dibuat oleh saya sendiri.

Apabila pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia dikenai sanksi sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Sepriskha Diansari

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kotabumi pada tanggal 01 september 1993 sebagai anak pertama dari dua bersaudara. Terlahir dari pasangan Bapak Palgunadi dan Ibu Lilis Setianingsih. Penulis mengawali jenjang pendidikan di Taman Kanak-Kanak Dharma Wanita, Kota Metro, Lampung pada tahun 1997. Kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri 03 Wonosari, Lampung Timur pada tahun 1999 dan lulus pada tahun 2005. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan studi ke SMP Negeri 6 Kota Metro, Kota Metro dan lulus pada tahun 2008.

Pada tahun 2008 penulis melanjutkan studi ke SMA Negeri 1 Pekalongan, pada saat proses pendidikan penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler seperti Praja Muda Karana (PRAMUKA) dan Pasukan Pengibar Bendera (PASKIBRA), dan lulus pada tahun 2011. Penulis melanjutkan jenjang pendidikan dan berhasil masuk ke Perguruan Tinggi Negeri Universitas Lampung dan terdaftar pada Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil (S1) melalui jalur PMPAP (Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan) dan mendapat bantuan Beasiswa Bidik Misi semasa perkuliahan berlangsung.

Penulis telah mengikuti Kerja Praktik pada Proyek Pembangunan Rumah susun Sederhana Sewa, Metro, Kota Metro, selama tiga bulan dan Kuliah Kerja Nyata

(KKN) di Dusun Gunung Sari, Kecamatan Lambu Kibang, Kabupaten Tulang Bawang Barat dengan tema POSDAYA (Pos Pemberdayaan Keluarga). Dan penulis diangkat menjadi asisten Laboratorium Inti Perkerasan Jalan Raya pada tahun ajaran 2015-2016 untuk mata kuliah praktium perkerasan jalan raya.

MOTTO

“Sebuah tantangan akan selalu menjadi beban, jika itu hanya di pikirkan. Sebuah cita-cita juga adalah sebuah beban, jika itu hanya angan-angan”

“Jangan lihat masa lampau dengan penyesalan; jangan pula lihat masa depan dengan ketakutan; tatapi lihatlah sekitar anda dengan penuh kesadaran”

“Allah SWT tidaklah membebani seseorang melainkan sesuai dengan kemampuannya”

Q.S Al-Baqarah: 286

“Kebanggaan kita yang terbesar adalah bukan tidak pernah gagal, tetapi bangkit kembali setiap kali jatuh“

(Confusius)

PERSEMBAHAN

Tiap untaian doa yang kau panjatkan, peluh yang jatuh atas tiap kerja kerasmu untuk membahagiakan dan melapakkanku.

Persembahan kecil ini ku berikan teruntuk Bapak dan Ibuku yang sangat aku sayangi, kedua sosok yang hebat yang berhasil menuntunku hingga ku raih salah satu obsesi kehidupanku.

Keluarga besar ku yang senantiasa memberi kata demi kata semangat untuk mengejar cita-citaku kuhanturkan sebuah persembahan kecil ini yang mungkin tak sebanding.

Dan untuk adik ku tercinta terima kasih atas semua
dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan. Harapan terbesarku adalah melayakkan kalian setahap lebih tinggi untuk mengukir kebanggan pada kedua sosok berharga kita.

SANWACANA

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia serta ridho-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan berjudul "**ASPAL MODIFIKASI DENGAN PENAMBAHAN PLASTIK *LOW LINIEAR DENSITY POLY ETHYLENE* (LLDPE) DINTINJAU DARI KARAKTERISTIK *MARSHALL* DAN UJI PENETRASI PADA LAPISAN ASPAL BETON (AC-BC)**" di waktu yang tepat, sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar sarjana teknik pada Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

Pada penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan, dukungan, bimbingan, dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengungkapkan rasa terima kasih dan pe nghargaan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suharno, M.Sc. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Lampung
2. Bapak Gatot Eko Susilo, S.T, M.Sc, Ph.D, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil, Universitas Lampung
3. Bapak Ir. Priyo Pratomo, M.T., sebagai Pembimbing I yang selalu memberikan bimbingan, saran, nasehat, dan semangat kepada penulis dalam penyelesaian skripsi ini

4. Bapak Ir. Hadi Ali, M.T., sebagai Pembimbing II yang selalu memberikan bimbingan, saran, nasehat, dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini
5. Bapak Ir. Dwi Herianto, M.T., sebagai dosen penguji skripsi saya yang telah memberikan saran dan kritik dalam menyempurnakan dan melengkapi isi skripsi penulis ini
6. Ibu Siti Nurul Khotimah, S.T., M.Sc., selaku Pembimbing Akademik penulis yang telah bersedia meluangkan waktunya untuk berkonsultasi dan memberikan nasehat berkaitan dengan akademik.
7. Kedua orang tuaku Bapak Palgunadi dan Ibu Lilis Setianingsih serta adik-adik ku Adikha Rachmad Setiawan semoga bisa menjadi penerus kebanggan orang tua dan meraka yang tak hentinya memberikan doa, dukungan baik secara materil dan semangat.
8. Seluruh staf pengajar dan karyawan di lingkungan Jurusan Teknik Sipil, khususnya Laboratorium Inti Jalan Raya Universitas Lampung khususnya Bapak Suroto, S.T dan Bapak Mihardi Ilyas, atas apa yang telah penulis rasakan manfaatnya.
9. Teman seperjuangan skripsi penulis, M. Ade Harkitnas, dan Kikhi Muchlisin yang telah banyak membantu dalam penenlitian tugas akhir ini.
10. Tri Utami, Kiki Lolita Sari, Putri Ajeng Prameswari, Astika Murni Lubis, Mega Astriana, Ratih Diah Permani, Esty Handayani yang selalu memberikan semangat kepada penulis.

11. Senior dan Rekan-rekan mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung angkatan 2011 dan rekan-rekan mahasiswa yang lain yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan dan ketulusan semua pihak yang telah turut serta membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini dengan melimpahkan rahmat dan karunia-Nya. Amin.

Penulis berharap skripsi ini nantinya, bisa menjadi referensi bagi pembaca mengenai perkerasan jalan. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan, baik dari segi isi maupun cara penyampaiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan saran serta kritik yang bersifat membangun dari pembaca. Akhir kata, penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Amin.

Bandar Lampung, Oktober 2016

Penulis

Sepriskha Diansari

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI i

DAFTAR TABEL iv

DAFTAR GAMBAR vi

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang 1
B. Rumusan Masalah 3
C. Tujuan Penelitian 3
D. Batasan Penelitian 3
E. Manfaat Penelitian 4
F. Sistematika Penulisan 5

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan 6
B. Lapis Aspal Beton 8
C. Polietilen (PE) 9
D. Bahan Campuran Beraspal Panas 11
   1. Agregat 11
   2. Aspal 14
   3. Bahan Tambahan 16
E. Gradasi 17
F. Karakteristik Campuran Beraspal 21
   1. Stabilitas (*Stability)* 21
   2. *Durability* 22
   3. Kelenturan (*Flexibility)* 23
   4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatique Resistance*)…… 23
   5. Kekesatan terhadap slip (*Skid Resistence)* 24
   6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability)* 24
G. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton 25
   1. Berat Jenis *Bulk* Agregat 25
   2. Berat Jenis Efektif Agregat 25
   3. Berat Jenis Maksimum Campuran 26
   4. Penyerapan Aspal 27

5. Kadar Aspal Efektif 27
6. Rongga di Antara Mineral Agregat (VMA) 28
7. Rongga di Dalam Campuran (VIM) 29
8. Rongga Terisi Aspal (VFA) 29
H. Uji *Marshall* 31

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi penelitian 32
B. Alat 32
C. Bahan 33
D. Tahap-Tahap Penelitian 34
1. Persiapan 34
2. Pengujian Bahan 34
3. Perencanaan Campuran 36
4. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji 37
5. Pengujian dengan Alat *Marshall* 40
6. Menghitung parameter *Marshall* 41
7. Pengolahan dan Pembahasan Hasil 42
E. Diagram Alir Penelitian 43

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian Bahan 44
1. Aspal 44
2. Agregat 45
3. *Filler* 48
B. Desain Campuran Untuk *Job Mix Formula* (JMF) 48
1. Komposisi Agregat JMF 48
2. Penentuan Perkiraan Kadar Aspal Rencana JMF 50
3. Menghitung Berat Total Agregat JMF 52
4. Menghitung Berat Masing-Masing Agregat JMF 53
5. Pembuatan Benda Uji JMF 54
6. Pengujian Benda Uji JMF dengan Alat *Marshall* 54
7. Analisis Hasil Pengujian *Marshall* Benda Uji JMF 55
C. Kadar Aspal Optimum 64
1. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) 65
2. Hasil dan Analisis *Marshall* dengan Kadar Aspal Optimum 65
D. Variasi Kadar Aspal Optimum Ditambah dengan LLDPE 67
1. Penentuan Berat Masing-Masing Bahan Tiap Benda Uji 67
2. Penentuan Banyaknya Kadar LLDPE 68
3. Pembuatan Benda Uji Variasi 68
4. Hasil Pengujian Benda uji KAO ditambah dengan LLDPE dengan *Marshall* 69

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan 77

B. Saran 77

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

Lampiran A (Lembar Asistensi)

Lampiran B (Data Hasil Pengujian Agregat Dan Aspal)

Lampiran C (Perhitungan Dan Hasil Pengujian Aspal)

DAFTAR TABEL

Tabel **Halaman**

1. Perbedaan Antara Perkerasan Lentur dan Perkerasan Kaku 7
2. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC-BC)..... 9
3. Ketentuan Agregat Kasar 12
4. Ketentuan Agregat Halus 13
5. Ketentuan untuk Aspal Keras Pen 60/70..... 16
6. Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal 19
7. Standar Pengujian Aspal .....…… 35
8. Standar Pemeriksaan Agregat 35
9. Ketentuan pembuatan benda uji Pemadatan LASTON AC-BC untuk penetuan KAO..... 38
10. Rincian Banyak Sampel KAO dengan Tambahan *Low Liniear Density Poly Ethylen* (LLDPE) 39
11. Hasil penetrasi aspal modifikasi dengan penambahan plastil lldpe..... 45
12. Hasil Pengujian Agregat Kasar 46
13. Hasil Pengujian Agregat Halus. 48
14. Gradasi Agregat Campuran *Asphalt Concreta – Binder Course* 49
15. Jumlah Persen Akumulasi Agregat Pada Setiap Fraksi..... 50
16. Perkiraan Nilai Kadar Aspal Tiap Kelompok Benda Uji JMF..... 51
17. Perhitungan Berat Jenis Teori Maksimum JMF..... 53

18. Berat Masing-Masing Agregat JMF.....……..... 54

19. Parameter dan karakteristik campuran pada masing-masing Kadar Aspal..... 55

20. Hasil Rata-Rata Pengujian *Marshal* KAO 6,5% 65

21. Komposisi Campuran Bahan untuk KAO 6,5%..... 67

22. Data Hasil Pengukuran, Pengujian untuk Kelompok Benda Uji..... 69

DAFTAR GAMBAR

Gambar **Halaman**

1. Grafik Gradasi Campuran Laston AC-BC Spesifikasi Bina Marga 2010 20
2. Skematis campuran aspal beton..... 30
3. Diagram Penelitian..... 43
4. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan Stabilitas 56
5. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan *Flow*..... 58
6. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan MQ..... 60
7. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VIM 61
8. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VMA..... 63
9. Grafik Hubungan Kadar Aspal dengan VFA 64
10. Grafik Stabilitas pada KAO 6,5 % ditambah dengan LLDPE 70
11. Grafik Nilai *Flow* pada KAO 6,5 % ditambah dengan LLDPE..... 71
12. Grafik Nilai MQ pada KAO 6,5 % ditambah dengan LLDPE 73
13. Grafik Nilai VIM pada KAO 6,5 % ditambah dengan LLDPE 74
14. Grafik Nilai VMA pada KAO 6,5 % ditambah dengan LLDPE..... 75
15. Grafik Nilai VFA pada KAO 6,5 % ditambah dengan LLDPE..... 76

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Meningkatnya pertumbuhan penduduk diiringi dengan jumlah peningkatan volume lalu lintas. Kondisi tersebut harus didukung oleh konstruksi jalan yang berkualitas, terutama dari kualitas lapis perkerasan untuk memberikan keamanan dan kenyamanan dalam berkendara.

Kerusakan jalan telah menjadi permasalahan umum yang biasa di hadapi, hampir di setap daerah memiliki jalan yang rusak. Beberapa hal yang menjadi penyebab kerusakan jalan di beberapa daerah adalah sebagai berikut: kualitas jalan yang kurang baik, kondisi drainase permukaan jalan yang tidak memadai.

Perkerasan lentur merupakan perkerasan yang paling diminati pada struktur perkerasan jalan raya. Daya dukung yang besar sehingga mampu menerima beban lalu lintas kendaraan ditambah biaya konstruksi yang lebih ekonomis merupakan kelebihan dari perkerasan lentur dibandingkan dengan perkerasan lainnya. Dari segi kenyamanan berkendara, perkerasan lentur mempunyai tingkat kenyamanan yang lebih dari perkerasan jenis lainnya, karena sifatnya yang lentur dan permukaan yang lebih rata. Dari berbagai kelebihan yang dimilikinya perkerasan lentur juga memiliki beberapa kelemahan. Struktur

perkerasan lentur yang terdiri dari beberapa lapisan yakni lapisan permukaan. Pada saat pelaksanaan konstruksi perkerasan lentur disetiap lapisan harus benar-benar dilakukan dengan baik agar tidak mempengaruhi kerusakan pada lapisan lainnya. Kelekatan antar lapisan perkerasan juga sangat berpengaruh kepada kekuatan perkerasan. Kelekatan antar lapisan harus mampu membuat seluruh lapisan perkerasan bekerja dalam satu struktur yang utuh sehingga setiap lapisan mampu memberi daya dukung yang sesuai dengan fungsinya.

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan *fleksibel*. Untuk menekan jumlah kebutuhan akan aspal yaitu dengan meminimalisir penggunaan bahan dasar aspal, atau dengan peningkatan mutu aspal dalam campuran seperti peningkatan stabilitias, durabilitas, dan ketahanannya terhadap air dengan menambahakan bahan tambahan dalam campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal contohnya bahan polimer, atau pun plastik.

Bahan dasar plastik yang sulit terurai perlu dilakukan penanganan yang tepat selain solusi pendauran ulang dengan peningkatan nilai fungsinya. Pemanfaatan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) sebagai salah satu jenis plastik yang biasa digunakan sebagai bahan kemasan seperti kemasan gula putih, kemasan es batu, kemasan minyak, masih belum dimanfaatkan secara efektif. Disini kami mencoba melakukan inovasi pemanfaatan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) sebagai bahan tambahan dalam campuran lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course)* guna peningkatan nilai stabilitasnya, sekaligus salah satu langkah

kongkrit sebagai penanganan pengurangan sampah yang sulit terurai dengan peningkatan nilai fungsinya.

Pada penelitian ini peneliti akan menggunakan jenis LLDPE sebagai penambah campuran aspal sebagai modifikasi aspal, penambahan LLDPE agar dapat meningkatkan kemampuan lapis perkerasan dalam menerima beban lalu lintas sehingga memberikan umur layanan yang lebih lama.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini yang dibahas ialah mengenai modifikasi campuran aspal dengan penambahan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) terhadap karakteristik *marshall* dan uji penetrasi pada Lapisan aspal beton (AC-BC) guna meningkatkan nilai stabilitas aspal dan memperbaiki kelemahan aspal serta peningkatan nilai fungsi, ekonomis sampah jenis *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE).

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin ditinjau dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi penambahan LLDPE pada campuran aspal terhadap karakteristik *marshall* dan uji penetrasi mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III.

D. Batasan Penelitian

Ruang lingkup dan batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Tipe campuran yang digunakan adalah (AC-BC) dengan menggunakan spesifikasi umum Bina Marga 2010 revisi III.
2. Variasi Penambahan LLDPE yang digunakan 1% , 3% , 5% , 7% , 9% , terhitung dari berat aspal rencana.
3. Pencampuran variasi LLDPE dilakukan dengan sistem basah.
4. Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari daerah Tanjungan Lampung Selatan
5. Bahan pengikat yang digunakan adalah aspal pertamina 60/70.
6. *Filler* yang di gunakan semen *portland*.

E. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari hasil dari penelitian ini memberikan informasi antara lain :

a. Merupakan salah satu terobosan baru dibidang perkerasan jalan dengan pemanfaatan limbah *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) sebagai campuran aspal lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course).*
b. Sebagai salah satu cara peningkatan mutu perkerasan lentur jalan raya dengan peningkatan nilai stabilitas campuran aspal.
c. Salah satu solusi pengurangan *plastik low linear density poly ethylene* (LLDPE) yang sulit terurai dan untuk peningkatan nilai ekonomis dan fungsinya.

F. Sistematika Penulisan

Dalam penulisan Tugas Akhir ini digunakan sistematika penulisan sebgai berikut :

Bab 1 Pendahuluan

Berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II Tinjauan Pustaka

Pada bab ini membahas teori-teori serta rumus-rumus yang digunakan untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari berbagai sumber.

Bab III Metode Penelitian

Bab ini akan menjelaskan mengenai metode yang digunakan dalam penelitian untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam proses pengolahan data.

Bab IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini akan berisi tentang pelaksanaan penelitian yang dilakukan mencakup hasil pengumpulan data, pengolahan data, analisis, dan pembahasan data berdasarkan hasil yang diperoleh dan teori yang ada.

Bab V Kesimpulan dan Saran

Bab ini akan berisi kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini dan saran mengenai topik dari Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan ini akan dilampirkan daftar pustaka yang digunakan sebagai referensi penunjang dan lampiran yang berisi data-data penunjang dalam proses pengolahan data.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan raya adalah bagian jalan raya yang diperkeras dengan lapis konstruksi tertentu, yang memiliki ketebalan, kekuatan, dan kekakuan, serta kestabilan tertentu agar mampu menyalurkan beban lalu lintas diatasnya ke tanah dasar secara aman. Lapisan perkerasan yang terletak di antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan yang berarti. Agar perkerasan jalan yang sesuai dengan mutu yang diharapkan, maka pengetahuan tentang sifat, pengadaan dan pengolahan dari bahan penyusun perkerasan jalan sangat diperlukan (Silvia Sukirman, 2003 dalam skripsi Serli Carlina 2013).

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat dipakai antara lain adalah batu pecah, batu belah, batu kali, dan hasil samping peleburan baja. Sedangkan bahan ikat yang dipakai antara lain adalah aspal, semen, dan tanah liat. Berdasarkan bahan pengikatnya, konstruksi perkerasan jalan dibedakan atas tiga macam, yaitu:

1. Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement)*

   Mengadopsi model makadam dengan bahan penutup (*surfacing)* dari campuran aspal agregat. Bahan konstruksi perkerasan lentur terdiri atas : bahan ikat (aspal, tanah liat) dan batu. Perkerasan ini umumnya terdiri atas tiga lapis yaitu lapisan tanah dasar (*subgrade)*, lapisan pondasi bawah (*sub-base)*, lapis pondasi (*base)* dan lapisan penutup (*surface)*. Masing-masing elemen lapisan di atas termasuk tanah dasar secara bersama-sama memikul beban lalu-lintas. Dari atas sampai bawah maka tebal lapisan menjadi semakin besar, hal ini seiring dengan harga materialnya yang semakin kebawah semakin murah.

2. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement)*

   Digunakannya pelat beton diatas lapisan agregat, diatas pelat beton tersebut dapat dilapisi aspal agregat atau aspal pasir yang tipis atau tidak. ada lapisan sama sekali. Bagian dari perkerasan kaku terdiri dari : tanah dasar (*subgrade)*, lapisan pondasi bawah (*sub-base)*, lapisan beton B-0 (*blinding concrete*/beton lantai kerja), lapisan pelat beton (*concrete slab)*, dan lapisan aspal agregat/aspal pasir yang bisa ada bisa tidak.

   (Didik Purwadi, 2008)

   Perbedaan utama antara perkerasan lentur dan kaku dapat terlihat pada Tabel 1., dibawah ini.

   Tabel 1. Perbedaan antara perkerasan lentur dan perkerasan kaku

		Perkerasan Lentur	**Perkerasan Kaku**
1.	Bahan pengikat	Aspal	Semen
2.	Repetisi beban	Timbul *rutting* (lendutan pada jalur roda)	Timbul retak-retak pada permukaan
3.	Penurunan tanah dasar	Jalan bergelombang (mengikuti tanah dasar)	Bersifat sebagai balok diatas perletakan

4.	Perubahan temperatur	Modulus kekakuan berubah. Timbul tegangan dalam yang kecil	Modulus kekakuan tidak berubah. Timbul tegangan dalam yang besar.

Sumber: Sukirman, S., (1992)

B. Lapis Aspal Beton

Lapisan aspal beton adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat, dicampur dan dihampar dalam keadaan panas serta dipadatkan pada suhu tertentu (Sukirman, S.,1992).

Lapis yang terdiri dari campuran aspal keras (AC) dan agregat yang mempunyai gradasi menerus dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhuh tertentu. Lapis ini digunakan sebagai lapis permukaan struktural dan lapis pondasi, (*Asphalt Concrete Base/Asphalt Treated Base)*. (Andi Tenrisukki Tenriajeng)

Sesuai fungsinya Laston mempunyai 3 macam campuran yaitu:

1. Laston sebagai lapisan aus, dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 4 cm.
2. Laston sebagai lapisan antara, dikenal dengan nama AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*), dengan tebal nominal minimum adalah 5 cm, terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan di lapisan pondasi (*base course*)
3. Laston sebagai lapisan pondasi, dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*), dengan tebal nominal minimum adalah 6 cm.

Lapisan aspal beton (laston) yang secara umum digunakan secara luas diberbagai negara adalah direncanakan untuk memperoleh kepadatan yang

tinggi, nilai struktural tinggi dan kadar aspal yang rendah. Hal ini biasanya mengarah menjadi suatu bahan yang relatif kaku, sehingga konsekuensi ketahanan rendah dan keawetan yang terjadi rendah pula. Ketentuan sifat-sifat campuran beraspal panas menurut Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi III untuk Laston bergradasi kasar, tertera pada Tabel 2. berikut ini.

Tabel 2. Ketentuan sifat–sifat campuran Laston (AC-BC)

Sifat-sifat Campuran		**Laston[6]**		
Jumlah tumbukan per bidang		75		112[1]
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga dalam campuran (%)[2]	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[1]
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6[1]
Stabilitas *Marshall* sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60^{o}C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

C. POLIETILEN (PE)

Polietena merupakan suatu poliolefin yang paling banyak di gunakan sebagai bahan pembuatan berbagai jenis peralatan rumah tangga ataupun kemasan makanan dan minumamn karena harga nya yang murah, sifat yang lentur, resisten terhadap suhu rundah, koefisien gesek rendah, kekuatan elektrik yang baik dan umum nya resisten terhadap bahan-bahan kimia. Polietilen dibuat melalui polimerisasi gas etilen, yang diperoleh dengan memberi gas hidrogen atau gas petroleum, pada pemecah minyak (nafta), gas alam atau asetilen.

Berbagai jenis termoplastik telah banyak digunakan untuk mempersiapkan termoplastik elastomer kompatibilitas tinggi. Ini termasuk *polipropilen, low density polyethylene, uv-low-density polyethylene, liniear low density polyethylene, dikloronasi polyethylene, polistiren, poliamida, etilena-vinil asetat, kopolimer, dan poli metil metakrilat*.

Secara umum polietilen (PE) dibagi menjadi empat yaitu :

1. Polietilen dengan densitas tinggi atau *High Density Polyetilen* (HDPE)

   Strukturnya terdiri dari molekul tidak bercabang dengan beberapa difek menuju bentuk linernya, dengan rendahnya tingkat difek, serta dapat menghindari dari penggabungan maka mengakibatkan derajat kristalisasi juga tinggi. HDPE mempunyai densitas 0,95-0,97 g/cm^3, dan memiliki titik leleh diatas 127^{o}C (beberapa macam berkisar 135^{o}C). HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras dan tahan terhadap suhu tinggi serta korosi. HDPE sering digunakan sebagai dinding pelapis tahan korosi, bahan-bahan rumah tangga, perisai radiasi dan pipa.

2. Polietilen dengan densitas rendah atau *Low Density Polyetilen* (LDPE).

   Polimer ini terdiri dari konsentrasi subtansial cabang yang dapat menghindari proses kristalisasi menghasilkan densitas yang relatif rendah. LDPE memiliki densitas 0,91-0,94 g/cm^3, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115^{o}C. Kebanyakan LDPE digunakan sebagai bahan pelapis plastik, lapisan pelindung sabun, tenpat penyimpanan makanan dan mainan anak-anak.

3. Polietilen leiner dengan densitas rendah atau *Linier Low Density Polyetilen* (LLDPE).

LLDPE merupakan resin yang terdiri dari molekul dengan tulang punggung polietilen linear yang ditempel dengan gugus alkil pendek secara radom. LLDPE memiliki densitas 0,90-0,94 g/cm^3.

4. Polietilen dengan densitas sangat rendah atau *Very Low Density Polyetilen* (VLDPE).

   VLDPE juga dikenal polietilen dengan densitas ultra rendah, secara khusus dibentuk dari polietilen linear densitas redah, dimana memiliki konsentrasi cabang rantai pendek lebih tinggi. Polietilen ini memiliki densitas antara 0,86-0,90 g/cm^3.

D. Bahan Campuran Beraspal Panas

Bahan penyusun konstruksi perkerasan jalan terdiri dari agregat dan bahan pengikat berupa aspal.

1. Agregat

   Sangat dominan pada elemen perkerasan lentur, sebagai material lapis pondasi atas, lapis pondasi bawah, lapis permukaan, bahu yang diperkeras/berpenutup, kontruksi pelebaran jalan. Agregat adalah merupakan elemen perkerasan jalan yang mempunyai kandungan 90-95% acuan berat, dan 75-85% acuan volume dari komposisi perkerasan, sehingga otomatis menyumbangkan faktor kekuatan utama dalam perkerasan jalan. Berfungsi sebagai penstabil mekanis, agregat harus mempunyai suatu kekuatan dan kekerasan, untuk menghindarkan terjadinya kerusakan akibat beban lalu lintas. Pemilihan agregat yang digunakan pada suatu konstruksi perkerasan jalan dipengaruhi oleh

beberapa faktor seperti : gradasi, bentuk butir, kekuatan, kelekatan pada aspal, tekstur permukaan dan kebersihan. (Shirley L. Hendarsin, 2000).

Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua fraksi, yaitu:

a. Agregat Kasar

Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 3 berikut ini.

Tabel 3. Ketentuan agregat kasar

Pengujian			**Standar**	**Nilai**
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	Natrium sulfat		SNI 3407:2008	Maks.12 %
	Magnesium sulfat			Maks. 18 %
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	SNI 2417:2008	Maks. 6 %
		500 putaran		Maks. 30 %
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran		Maks. 8%
		500 putaran		Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal			SNI 03-2439-1991	Min. 95 %
Butir pecah pada agregat kasar			SNI 7619 : 2012	95/90 [1]
Partikel Pipih dan Lonjong			ASTM D4791 Perbandingan 1 :5	Maks. 10 %
Material lolos Ayakan No.200			SNI 03-4142-1996	Maks. 2 %

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

b. Agregat Halus

Agregat halus dari sumber bahan manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan batu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No.8 (2,36 mm). Agregat halus harus memenuhi ketentuan sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Ketentuan agregat halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60 %
Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Gumpalan Lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat lolos ayakan no. 200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks. 10%

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

c. Bahan Pengisi *(Filler)*

Bahan pengisi yang digunakan dalam penelitian ini adalah semen. Bahan pengisi (*filler*) harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan mempunyai sifat non plastis.

Fungsi *filler* dalam campuran adalah:

1) Untuk memodifikasi agregat halus sehingga berat jenis campuran meningkat dan jumlah aspal yang diperlukan untuk mengisi rongga akan berkurang.
2) *Filler* dan aspal secara bersamaan akan membentuk suatu pasta yang akan membalut dan mengikat agregat halus untuk membentuk mortar.
3) Mengisi ruang antara agregat halus dan kasar serta meningkatkan kepadatan dan kestabilan.

2. Aspal

Aspal adalah material utama pada konstruksi lapis perkerasan lentur *(flexible pavement)* jalan raya, yang berfungsi sebagai campuran bahan pengikat agregat, karena mempunyai daya lekat yang kuat, mempunyai sifat adhesif, kedap air, dan mudah dikerjakan. Aspal merupakan bahan yang plastis yang dengan kelenturannya mudah diawasi untuk dicampur dengan agregat. Lebih jauh lagi, aspal sangat tahan terhadap asam, alkali, dan garam-garaman. (Hendarsin, Shirley L, 2000).

Aspal atau bitumen merupakan material yang berwarna hitam kecoklatan yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya. Sifat viskoelastis inilah yang membuat aspal dapat menyelimuti dan menahan agregat tetap pada tempatnya selama proses produksi dan masa pelayanannya. Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu, aspal sering disebut material berbituminous. (Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas, Buku 1: Petunjuk umum)

Umumnya aspal dihasilkan dari penyulingan minyak bumi, sehingga disebut aspal keras. Tingkat pengontrolan yang dilakukan pada tahapan proses penyulingan akan menghasilkan aspal dengan sifat-sifat yang khusus yang cocok untuk pemakaian yang khusus pula, seperti untuk pembuatan campuran beraspal, pelindung atap dan penggunaan khusus lainnya.

Jenis aspal terdiri dari aspal keras, aspal cair, aspal emulsi, dan aspal alam, yaitu:

a) Aspal keras

   Aspal keras merupakan aspal hasil destilasi yang bersifat viskoelastis sehingga akan melunak dan mencair bila mendapat cukup pemanasan dan sebaliknya.

b) Aspal cair

   Aspal cair merupakan aspal hasil dari pelarutan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.

c) Aspal emulsi

   Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air.

d) Aspal alam

   Aspal yang secara alamiah terjadi di alam. Berdasarkan depositnya aspal alam dikelompokkan ke dalam 2 kelompok, yaitu aspal danau dan aspal batu.

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, seperti tertera pada Tabel 5. berikut ini.

Tabel 5. Ketentuan untuk aspal keras pen 60/70

no	Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Tipe I aspal penetrasi 60/70	Tipe II aspal yang dimodifikasi	
				A[(1)]	B
				Asbuton yang diperoses	Elastomer Sintetis
1	Penetrasi, 25° C (0,1	SNI 06-2456-1991	60-70	Min.50	Min.40
2	Viskositas Dinamis	SNI 06-6441-2000	160-240	240-360	320-480
3	Viskositas Kinematis 135^{0}C (cSt)	SNI 06-6441-2000	≥ 300	385-2000	≤ 3000
3	Titik Lembek (°C)	SNI 2434-2011	≥ 48	≥ 53	≥ 54
5	Daktilitas pada 25 °C,	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 100	≥ 100
6	Titik Nyala (°C)	SNI 2433-2011	≥ 232	≥ 232	≥ 232
7	Kelarutan dalam Trichloroethylene, (%)	AASHTO T44-03	≥ 99	≥ 90[(1)]	≥ 99
8	Berat Jenis	SNI 2441-2011	≥ 1,0	≥1,0	≥ 1,0
9	Stabilitas Penyimpanan : perbedaan titik lembek (°C)	ASTM D 5976 part 6.1	-	≥ 2,2	≤ 2,2
10	Partikel yang lebih halus dari 150 micron (µm)(%)			Min.95[(1)]	-
	Pengujian Residu hasil TFOT (SNI-0602440-1991 atau RTFOT (SNI-03-6835-2002) :				
11	Berat yang Hilang (%)	SNI-06-2441-1991	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 0,8
12	Viskositas Dinamis 60^{0}C (Pa.s)	SNI03-6441-200	≤ 800	≤ 1200	≤ 1600
13	Penetrasi pada 25^{0}C (%)	SNI 06-2456-1991	≥ 54	≥ 54	≥ 54
14	Daktilitas pada 25^{0}C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100	≥ 50	≥ 25
15	Keelastisan setelah pengembalian (%)	AASHTO T 301-98	-	-	≥ 60

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

3. Bahan tambahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah berupa limbah plastik

Linier Low Density Polyetilen (LLDPE). LLDPE merupakan resin yang terdiri dari molekul dengan tulang punggung polietilen linear yang ditempel dengan gugus alkil pendek secara radom. LLDPE memiliki densitas 0,90-0,94 g/cm^3. *Linier Low Density Polyetilen* (LLDPE) mempunyai karektiristik : buram, lemas, ulet (tidak mudah sobek, aman bersentuhan langsung dengan makanan. LLDPE memiliki sifat fisik dan mekanik yang bagus. LLDPE mempunyai titik leleh yang tinggi, dan transparan serta mempunyai kekedapan yang cukup bagus.

Keunggulan LLDPE :

1. Harga lebih murah
2. Density (berat jenis) lebih tinggi
3. Sifat mekanik lebih baik pada *temperature* rendah
4. Flex life (kuat lentur) tinggi
5. Titik leleh tinggi

E. Gradasi

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat.

Menurut Andi Teenrisukki Tenriajeng, gradasi atau distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga antar butir yang akan menentukan stabilitas dan kemudahan dalam pelaksanaan.

Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan dengan menggunakan 1 set saringan dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang paling halus terletak paling bawah. 1 set saringan (dengan ukuran saringan 19,1 mm; 12,7 mm; 9,52 mm; 4,76 mm; 2,38 mm; 1,18 mm; 0,59 mm; 0,149 mm; 0,074 mm).

Gradasi agregat dapat dibedakan atas:

1. Gradasi seragam *(uniform graded)*/gradasi terbuka *(open graded)*

   Gradasi seragam (*uniform graded*) adalah agregat dengan ukuran yang hampir sama/sejenis atau mengandung agregat halus yang sedikit jumlahnya sehingga tidak dapat mengisi rongga antar agregat. Gradasi seragam disebut juga gradasi terbuka. Agregat dengan gradasi seragam akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan sifat permeabilitas tinggi, stabilitas kurang, berat volume kecil.

2. Gradasi rapat *(dense graded)*

   Gradasi rapat, merupakan campuran agregat kasar dan halus dalam porsi yang seimbang, sehingga dinamakan juga agregat bergradasi baik. Gradasi rapat akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan stabilitas tinggi, kurang kedap air, sifat drainase jelek, dan berat volume besar.

3. Gradasi senjang *(gap graded)*

   Gradasi senjang (*gap graded*), merupakan campuran yang tidak memenuhi dua kategori di atas. *Aggregate* bergradasi buruk yang umum digunakan untuk lapisan perkerasan lentur merupakan campuran dengan satu fraksi hilang atau satu fraksi sedikit. Gradasi seperti ini juga disebut

gradasi senjang. Gradasi senjang akan menghasilkan lapis perkerasan yang mutunya terletak antara kedua jenis di atas.

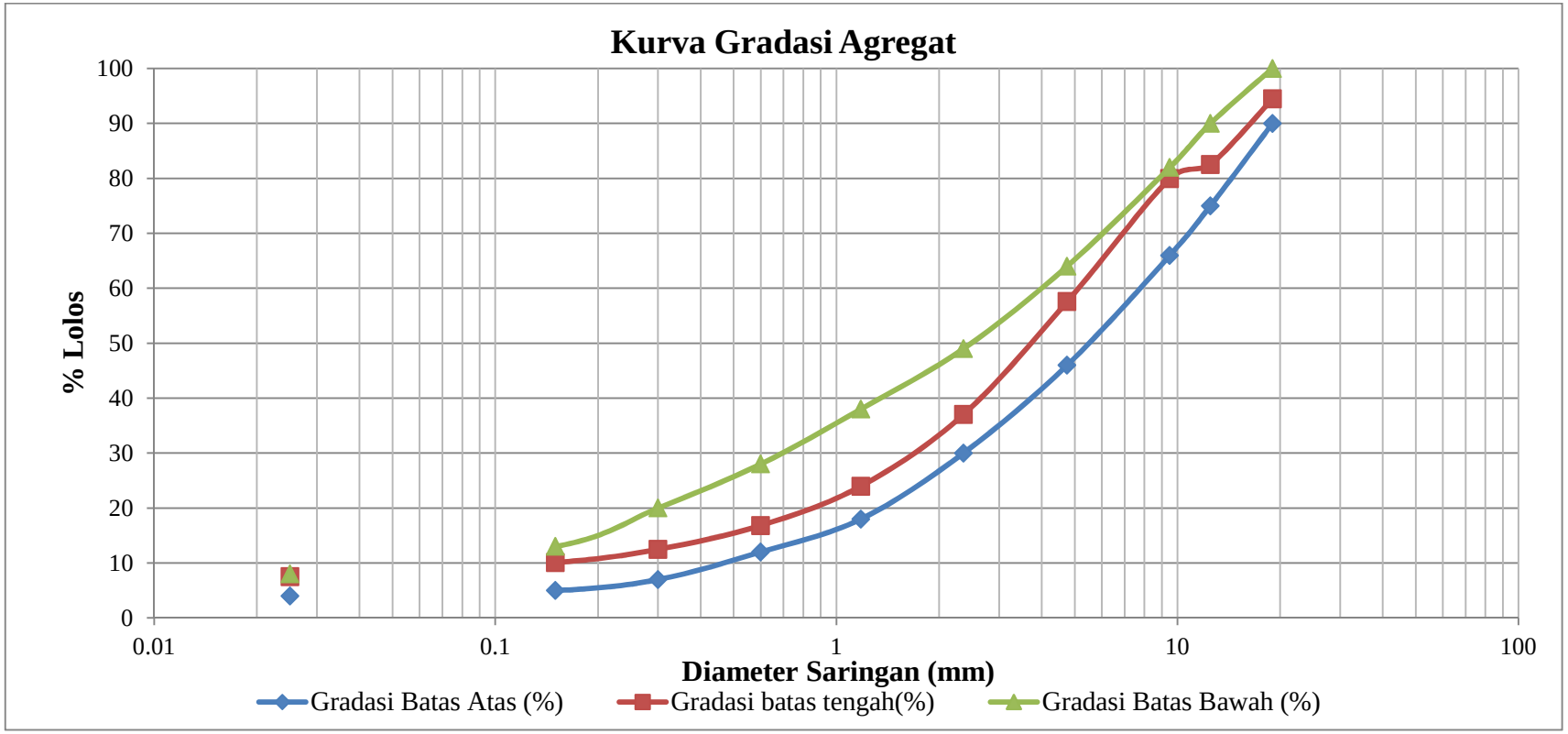
Pada campuran aspal khususnya aspal beton, gradasi agregat sangat berpengaruh pada kualitas campuran aspal itu senidiri. Pada agregat tingkat keseragaman butir beraneka ragam dan biasa dinyatakan dalam presentase lolos, atau presentase tertahan, yang didapat dari proses perhitungan berdasarkan berat agreagat dengan menggunakan satu set saringan agregat dengan pengujian *Sieve Analysis Test*. Ada batasan-batasan tertentu pada gradasi agregat yang kemudian disebut dengan batas, berikut macam batas pada agregat dikenal dengan batas atas, batas tengah/ideal atau batas bawah. Berikut penjelasan tentang syarat batas atas dan bawah untuk lapisan aspal beton (Aspal beton) AC-BC (*Asphalat Concrete-Binder Course)* untuk masing-masing ukran saringan yang diambil dari spesifikasi Bina Marga 2010 divisi VI yang diterangkan pada Tabel 6.

Tabel 6. Gradasi agregat gabungan untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan (mm)	**% Berat yang Lolos Terhadap Total Agregat dalam Campuran Laston (AC)**		
	AC-WC	AC-BC	AC-Base
37,5	-	-	100
25	-	100	90 - 100
19	100	90 – 100	76 – 90
12,5	90 – 100	75 – 90	60 – 78
9,5	77 – 90	66 – 82	52 – 71
4,75	53 – 69	46 – 64	35 – 54
2,36	33 – 53	30 – 49	23 – 41
1,18	21 – 40	18 – 38	13 – 30
0,600	14 – 30	12 – 28	10 – 22
0,300	9 – 22	7 – 20	6 – 15
0,150	6 – 15	5 – 13	4 – 10
0,075	4 – 9	4 – 8	3 - 7

Sumber: Spesifikasi Umum Bina Marga 2010 Divisi 6 Perkerasan Aspal

Dan grafik gradasi agregat campuran Laston AC-BC dapat dilihat pada Gambar 1. Berikut ini.



Gambar 1. Grafik gradasi campuran Laston AC-BC Spesifikasi Bina Marga 2010

F. Karakteristik Campuran Beraspal

Menurut Andi Tenrisukki Tenriajeng, terdapat enam karakteristik campuran yang harus dimiliki oleh beton aspal. Dibawah ini adalah penjelasan dari ketujuh karakteristik tersebut :

1. Stabilitas lapisan perkerasan jalan adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan *bleeding*. Kebutuhan akan stabilitas sebanding dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi dan sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan yang volume lalu lintasnya hanya terdiri dari kendaraan penumpang saja. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu mnejadi kaku dan cepat mengalami retak, disamping itu karena volume antar agregat kurang maka kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran anatar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang baik dar lapisan aspal. Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan mengusahakan penggunaan :
   a. Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded)*
   b. Agregat dengan permukaan yang kasar
   c. Agregat yang berbentuk kubus
   d. Aspal dengan penetrasi rendah
   e. Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan anatar butir

   Agregat dengan gradasi baik, atau bergradasai rapat akan memberikan rongga antar butiran agregat (*void in mineral agreggate)* yang kecil untuk

mengahasilkan stabilitas yang tinggi, tetapi membutuhkan kadar aspal yang rendah untuk mengikat agregat. *Void In Mineral Agreggate* (VMA) yang kecil mengakibatkan aspal yang dapat menyelimuti agregat terbatas dan menghasilkan film aspal yang tipis. Film aspal yang tipis mudah lepas yang mengakibatkan lapis tidak lagi kedap air, oksidasi mudah terjadi, dan lapis perkerasan menjadi rusak. Pemakaian aspal yang banyak mengakibatkan aspal tidak lagi dapat menyelimuti agregat dengan baik (karena VMA kecil) dan juga menghasilkan rongga anatar campuran (*void in mix* = VIM) yang kecil. Adanya beban lalu lintas yang manambah pemadatan lapisan mengakibatkan lapisan aspal meleleh keluar yang disebut *bleeding*. Berikut dijelaskan perolehan nilai stabilitas dijelaskan dalam persamaan (2.1)

Persamaan (2.1) untuk nilai stabilitas dibawah ini :

S = p x q .... (1)

Keterangan :

S : Angka stabilitas sesungguhnya

P : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q : Angka koreksi benda uji

2. Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca, air dan perubahan suhu atuapun keausan akibat gesekan roda kendaraan. Faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal beton adalah :

a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
b. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.
c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Kelenturan (*Fleksibilitas*) adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban alu lintas berulang tanpa timbulnya retak dan peruahan volume. Untuk mendapatkan fleksibelitas yang tinggi dapat diperoleh dengan :
   a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
   b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
   c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehigga diperoleh VIM yang kecil.
4. Ketahanan terhadap kelelahan (*Fatique Resistance*) adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting)* dan retak. Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap kelelahan adalah :

a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

5. Kekesatan terhadap slip (*Skid Resistence)* adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip balik di waktu hujan (basah) maupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh :
   a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar
   b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*
   c. Penggunaan agregat berbentuk kubus
   d. Penggunaan agregat kasar yang cukup
6. Kemudahan Pelaksanaan (*Workability)* adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh :
   a. Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain
   b. Temperatur campuran yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis
   c. Kandungan bahan pengisi (*filler)* yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sulit

G. Sifat Volumetrik Campuran Aspal Beton

Kinerja aspal beton sangat ditentukan oleh volumetrik campuran aspal beton padat yang terdiri dari:

1. Berat Jenis *Bulk* Agregat

   Berat jenis *bulk* adalah perbandingan antara berat bahan di udara (termasuk rongga yang cukup kedap dan yang menyerap air) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air suling serta volume yang sama pada suhu tertentu pula.

   Karena agregat total terdiri dari atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda maka berat jenis *bulk* (G_{sb}) agregat total dapat dirumuskan sebagai berikut.

$$G_{sb}= \frac{P_1+P_2+ \ldots\ldots\ldots +P_n}{\frac{P_1}{G_2}+\frac{P_2}{G_2}+\ldots\ldots\ldots+\frac{P_n}{G_n}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

   Keterangan:

   G_{sb} = Berat jenis *bulk* total agregat

   $P_1, P_2 \ldots P_n$ = Persentase masing-masing fraksi agregat

   $G_1, G_2 \ldots G_n$ = Berat jenis bulk masing-masing fraksi agregat

2. Berat Jenis Efektif Agregat

   Berat jenis efektif adalah perbandingan antara berat bahan di udara (tidak termasuk rongga yang menyerap aspal) pada satuan volume dan suhu tertentu dengan berat air destilasi dengan volume yang sama dan suhu

tertentu pula, yang dirumuskan :

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}} \quad \text{.....(2)}$$

Keterangan:

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100)

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

G_b = Berat jenis aspal

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran untuk masing-masing kadar aspal dapat dihitung dengan menggunakan berat jenis efektif (G_{se}) rata-rata sebagai berikut:

$$G_{mm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_S}{G_{se}} + \frac{P_b}{G_b}} \quad \text{.....(3)}$$

Keterangan:

G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran, rongga udara 0 (Nol)

P_{mm} = Persentase berat total campuran (=100) P_b = Kadar aspal berdasarkan berat jenis maksimum

Ps = Kadar agregat persen terhadap berat total campuran

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

4. Penyerapan Aspal

Penyerapan aspal dinyatakan dalam persen terhadap berat agregat total tidak terhadap campuran yang dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} \times G_{se}} \times G_b \quad \cdots\cdots(4)$$

Keterangan:

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{se} = Berat jenis efektif agregat

G_b = Berat jenis aspal

5. Kadar Aspal Efektif

Kadar efektif campuran beraspal adalah kadar aspal total dikurangi jumlah aspal yang terserap oleh partikel agregat. Kadar aspal efektif ini akan menyelimuti permukaan agregat bagian luar yang pada akhirnya menentukan kinerja perkerasan aspal. Kadar aspal efektif ini dirumuskan sebagai berikut :

$$P_{be} = P_b \times \frac{ba}{100} \times P_s \quad \cdots\cdots(5)$$

Keterangan:

P_{be} = Kadar aspal efektif, persen total agregat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

P_{ba} = Penyerapan aspal, persen total agregat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

6. Rongga di antara Mineral Agregat (VMA)

Rongga di antara mineral agregat (VMA) adalah ruang diantara partikel agregat pada suatu perkerasan beraspal, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). VMA dihitung berdasarkan Berat Jenis *Bulk* Agregat dan dinyatakan sebagai persen volume *bulk* campuran yang dipadatkan. VMA dapat dihitung pula terhadap berat campuran total atau terhadap berat agregat total. Perhitungan VMA terhadap campuran total dengan persamaan:

a. Terhadap Berat Campuran Total

$$VMA = 100 \times \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \quad \cdots\cdots(6)$$

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

G_{sb} = Berat jenis *bulk* agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

P_s = Kadar agregat, persen terhadap berat total campuran

b. Terhadap Berat Agregat Total

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{(100 + P_b)} \times 100 \quad \cdots\cdots(7)$$

Keterangan:

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

P_b = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

7. Rongga di dalam Campuran (VIM)

   Rongga di dalam campuran atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara pertikel agregat yang terselimuti aspal. Volume rongga udara dalam persen dapat ditentukan dengan rumus:

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \quad \text{.....(8)}$$

   Keterangan :

   VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

   G_{mm} = Berat jenis maksimum campuran agregat rongga udara 0 (Nol)

   G_{mb} = Berat jenis *bulk* campuran padat

8. Rongga Terisi Aspal (VFA)

   Rongga terisi aspal adalah persen rongga yang terdapat di antara partikel agregat yang terisi oleh aspal, tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat. Untuk mendapatkan rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan:

$$VFA = \frac{100\ (VMA - VIM)}{G_{mm}} \quad \text{.....(9)}$$

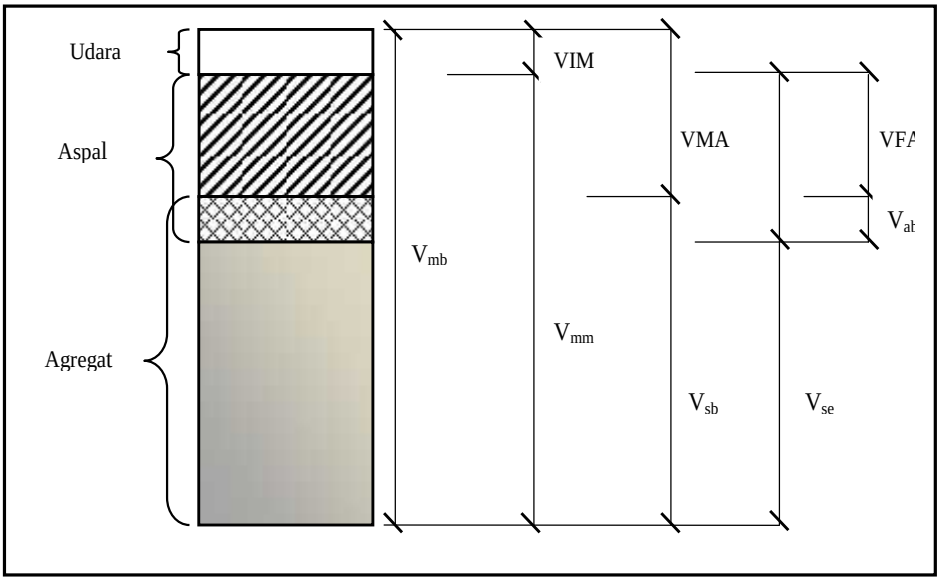
   Keterangan:

   VFA = Rongga terisi aspal

   VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume *bulk*

   VIM = Rongga udara campuran, persen total campuran

Secara skematis campuran aspal beton yang telah dipadatkan dapat digambarkan sebagai Gambar 1. Dibawah ini.



Gambar 2. Skematis campuran aspal beton

Keterangan:

V_{mb} = Volume *bulk* dari campuran beton aspal padat

V_{sb} = Volume agregat, adalah volume *bulk* dari agregat (volume bagian masif + pori yang ada di dalam masing-masing butir agregat)

V_{se} = Volume agregat, adalah volume aktif dari agregat (volume bagian masif + pori yang tidak terisi aspal di dalam masing-masing butir agregat)

VMA = Volume pori diantara butir agregat di dalam beton aspal padat.

V_{mm} = Volume tanpa pori dari beton aspal padat

V_a = Volume aspal dalam beton aspal padat

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

VFA = Volume pori beton aspal yang terisi oleh aspal

V_{ab} = Volume aspal yang terabsorbsi kedalam agregat dari beton aspal padat

H. Uji *Marshall*

Menurut Silvia Sukirman 1999, kinerja campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat pemeriksaan *Marshall.* Metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall dan selanjutnya dikembankan oleh U.S. *Corps Of Engineer*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur daya tahan (*stability*) campuran agregat dan aspal terhadap kelelehan plastis (*flow*) dari campuran aspal dan agregat. Kelelahan plastis adalah keadaan perubahan bentuk campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas rentuh yang dinyatakan dalam mm atau 0,01. Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan cincin penguji (*Proving ring)* yang berkapasitas 2500 kg atau 5000 pon. *Proving ring* dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran. Disamping itu terdapat juga arloji kelelahan (*flowmeter)* untuk mengukur kelelehan plastis (*flow).* Benda uji berbentuk silinder berdiamater 10 cm dan tinggi 7,5 cm dipersiapkan di laboratorium dalam cetakan benda uji dengan menggunakan *hammer* seberat 10 ppon (4,536 kg) dan tinggi jatuh 18 inch(45,7 cm) yang dibebani dengan kecepatan tetap 50 mm/menit. Dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat *marshall* diperoleh data-data sebagai berikut : nilai stabilitas, berat volume, kadar aspal, kelelahan plastis (*flow)*, VIM, VMA, penyerapan aspal , tebal lapisan aspal (*film* aspal), kadar aspal efektif, hasil bagi *marshall* (koefisien *marshall*)

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Inti Jalan Raya Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung.

B. Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Satu Set Saringan (*Sieve*)

   Penggunaan alat saringan digunakan untuk memisahkan agregat berdasarkan gradasi agregat

2. Alat Uji Pemeriksaan Aspal

   Pemakaian alat ini digunakan untuk pemeriksaan aspal antara lain seperti uji penetrasi, uji titik lembek, uji kehilangan berat, uji daktilitas, uji berat jenis (piknometer dan timbangan).

3. Alat Uji Pemeriksaan Agregat

   Peralatan yang digunakan untuk pengujian agregat antara lain mesin *Los Angeles* (tes abrasi), alat pengering yaitu oven, timbangan berat, alat uji berat jenis (piknometer, timbangan, pemanas).

4. Alat Uji Karakteristik Campuran Agregat dan Aspal

   Alat uji yang digunakan adalah seperangkat alat untuk metode *Marshall*, meliputi :

   a. Alat tekan *Marshall* yang terdiri dari kepala penekan berbentuk lengkung, cincin penguji berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) yang dilengkapi dengan arloji pengukur *flowmeter*.
   b. Alat cetak benda uji berbentuk silinder diameter 4 inchi (10,16 cm) dan tinggi 3 inchi (7,5 cm).
   c. *Marshall automatic compactor* yang digunakan untuk pemadatan campuran sebanyak 75 kali tumbukan tiap sisi (atas dan bawah).
   d. *Ejektor* untuk mengeluarkan benda uji setelah proses pemadatan.
   e. Bak perendam (*water bath*) yang dilengkapi pengatur suhu.
   f. Alat-alat penunjang yang meliputi penggorengan pencampur, kompor pemanas, termometer, sendok pengaduk, sarung tangan anti panas, kain lap, timbangan, ember untuk merendam benda uji, jangka sorong, pan, dan *tipe-x* yang digunakan untuk menandai benda uji.

C. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah :

1. Agregat Kasar

   Agregat yang digunakan berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (SBB) yang berlokasi di Tanjungan Lampung Selatan dengan ukuran butiran standar untuk lapis perkerasan jenis laston.

2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan berasal dari PT. Sumber Batu Berkah (SBB) yang berlokasi di Tanjungan Lampung Selatan. Agregat halus didapat dari proses disintegrasi alami batuan atau pasir yang dihasilkan oleh industri pemecah batu.

3. Aspal

   Aspal yang digunakan pada penelitian ini adalah aspal pertamina dengan penetrasi 60/70.

4. Bahan Pengisi/ atau material lolos saringan No.200 (*Filler)*

   Filler yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Portland Cement*.

5. Bahan tambahan yang digunakan adalah *Linier Low Density Polyetilen* (LLDPE).

D. Tahap-Tahap Penelitian

Tahap-tahap penelitian yang akan dilakukan mulai dari awal sampai akhir seperti pada gambar (gambar alir penelitian) yang dijelaskan sebagai berikut :

1. Persiapan

   Pada tahap ini yang dilakukan yaitu menyiapkan bahan, dan pengecekkan alat-alat yang akan digunakan. Persiapan bahan (aspal *shell*, agregat kasar, agregat halus, *filler, Linier Low Density Polyetilen* (LLDPE) dengan mendatangkan bahan-bahan yang dibutuhkan ke laboratorium inti jalan raya Fakultas Teknik Universitas Lampung

2. Pengujian bahan

a. Aspal *shell* 60/70

Pengujian aspal *shell* dilakukan dengan melakukan uji penetrasi, titik lembek, daktilitas, berat jenis, dan kehilangan berat. Standar pengujian aspal seperti tertera pada Tabel 7 dibawah ini.

Tabel 7. Standar Pengujian Aspal

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Penetrasi 25°C (mm)	SNI 06-2456-1991
2	Titik Lembek (°C)	SNI 06-2434-1991
3	Daktilitas pada 25° (cm)	SNI 06-2432-1991
4	Berat Jenis	SNI 06-2441-1991
5	Kehilangan Berat	SNI 06-2440-1991

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6 hal 38

b. Agregat kasar, Agregat halus, dan *filler*

Pengujian agregat diperlukan sebagai bahan pengisi pada campuran beraspal dengan komposisi gradasi sesuai dengan gradasi terpakai yang memenuhi spesifikasi yang ada. Untuk agregat kasar, agregat halus, dilakukan pengujian analisa saringan, berat jenis, penyerapan dan *filler* yang digunakan adalah semen. Berikut adalah standar ketentuan pemeriksaan agregat pada Tabel 8 dibawah ini

Tabel 8. Standar Pemeriksaan Agregat

No	Jenis Pengujian	Standar Uji
1	Analisa saringan	SNI 03-1968-1990
2	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat halus	SNI 03-1970-1990
3	Berat jenis (Berat jenis Bulk, Berat jenis SSD dan Berat Jenis Semu) dan penyerapan agregat kasar	SNI 03-1969-1990

4	*Los Angeles Test*	SNI 03-2417:2008

Sumber: Direktorat jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia, Spesifikasi Umum 2010 Divisi 6

3. Perencanaan Campuran

Untuk mendapatkan campuran yang ideal dan memberikan kinerja perkerasan yang optimal maka sebelum membuat campuran diperlukan perencanaan campuran untuk menentukan komposisi masing-masing bahan penyusun campuran agar diperoleh campuran beraspal yang memenuhi spesifikasi antara lain :

a. Pada Penelitian ini gradasi campuran agregat yang digunakan adalah gradasi campuran AC-BC. Perencanaan campuran beraspal AC-BC ini dilakukan dengan mengambil batas atas dan batas tengah dari setiap persen berat lolos saringan, sesuai dengan spesifikasi Bina Marga 2010.
b. Melakukan analisa perhitungan komposisi yang ideal dan memenuhi persyaratan spesifikasi. Komposisi didapat dari hasil *trial and error* dan didasarkan pada nilai spesifikasi pada campuran beraspal tipe AC-BC. Berikut cara menghitung perkiraan awal kadar aspal optimum (Pb) dengan persamaan sebagai berikut :

Pb = 0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18 (% FF) + Konstanta

Keterangan:

Pb : Kadar aspal tengah/ideal, persen terhadap berat campuran

CA : Persen agregat tertahan saringan No.8 (2,36 mm)

FA : Persen agregat lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan saringan No.200 (0,075 mm)

Filler : Persen agregat minimal 75 % lolos No.200 (0,075 mm)

K : Nilai Konstanta untuk besar nilai konstanta diperkirakan antara 0,5 sampai 1,0 untuk Laston

c. Hasil perhitungan nilai Pb dibuulatkan, perkiraan nilai P_b sampai 0,5% terdekat. Conohnya jika hasil perhitungan diperoleh 5,95 % maka dibulatkan menjadi 6 %.

d. Setelah proses analisa didapatkan komposisi masing-masing fraksi agregat, kemudian dilanjutkan proses pengayakan agregat sesuai dengan nomor saringan yang dibutuhkan, dan sesuai berat yang telah kita hitung dari proses analisa.

4. Pembuatan dan Pengujian Benda Uji

a. Benda Uji dan Kadar Aspal Awal

Menyiapkan benda uji marshall pada kadar aspal sebagai berikut :

- Untuk dua sampel kadar aspal berada diatas nilai Pb.
- Untuk dua sampel kadar aspal berada dibawah nilai Pb.

a). Kadar aspal (pb) -1,0%

b). Kadar aspal (pb) -0,5%

c). Kadar aspal (pb)

d). Kadar aspal (pb) +0,5%

e). Kadar aspal (pb) +1,0%

b. Setelah diperoleh nilai kadar aspal, selanjutnya menghitung berat jenis maksimum (BJ Max) dengan cara mengambil data dari percobaan berat jenis agregat kasar dan agregat halus.

c. Jika semua data telah diperoleh, langkah yang dilakukan berikutnya adalah menghitung berat sampel, berat aspal, berat agregat dan menghitung kebutuhan agregat tiap sampel berdasarkan persentase tertahan.

Komposis campuran agregat, aspal, *filler* dengan suhu standar pencampuran yaitu 145^0 C, pada gradasi kasar batas atas dan batas tengah. Aspal yang digunakan untuk pembuatan benda uji adalah aspal *shell*. Benda uji dibuat sebanyak 3 tiap masing-masing variasi kadar aspal yang telah ditentukan baik dari gradasi batas atas maupun gradasi batas tengah. Total benda uji yang dibuat sebanyak 30 buah dengan 15 buah untuk masing-masing gradasi batas atas dan batas tengah dan keseluruhannya 30 buah sampel.

Tabel 9. Pembuatan Benda Uji Pemadatan LASTON AC-BC untuk Penentuan KAO

Kadar Aspal	**Gradasi Batas Atas**	**Keterangan**
Pb – 1,0 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb – 1,0 (%)
Pb – 0,5 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb – 0,5 (%)
Pb (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb (%)
Pb + 0,5 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb + 0,5 (%)
Pb + 1,0 (%)	2 buah	Campuran agregat dengan spesifikasi AC-BC + kadar aspal minyak Pb +1,0 (%)
Jumlah		**10 Buah**

Pencampuran bahan dilakukan secara manual dengan diaduk di atas wajan yang dipanaskan. Dilanjutkan Proses pemadatan standard dengan *Aoutomatic Marshall Compactor* terhadap sampel sebanyak 2 x 75 kali tumbukan tiap sisinya (2 sisi atas dan bawah) dengan suhu 145^0C. Benda uji dibuat berbentuk silinder dengan tinggi standar 6,35 cm dan diameter 10,16 cm. Dan mendiamkan benda uji selama 24 jam hingga mengeras.

d. Benda uji kadar aspal optimum

Dari pembuatan benda uji dengan kadar aspal awal sesuai perhitungan Pb didapatkan nilai kadar aspal dan nilai VIM (*Void In Mix)*. Setelah itu dilanjutkan dengan uji marshall sehingga didaptkan nilai kadar aspal optimum (KAO).

e. Dilanjutkan dengan pembuatan benda uji dengan campuran *low Linier Density Polyetilen* (LLDPE) dengan variasi presentase nya sebagai berikut : 0%, 1%, 3%, 5%, 7%, 9% dengan kadar aspal optimum mengikuti langkah-langkah yang sama seperti yang disebutkan diatas. Setelah itu dilanjutkan dengan uji marshall kembali menggunakan kadar aspal optimum sebanyak tiga sampel tiap variasinya (Tabel 10). Sehingga total sampel yang digunakan dalam penelitian ini adalah 66 sampel.

Tabel 10. Rincian Banyak Sampel KAO dengan Tambahan *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE).

% *low Liniear Density Polyetilen (LLDPE)*	**Sampel**
0	2 buah
1	2 buah
3	2 buah
5	2 buah
7	2 buah
9	2 buah
Jumlah	**10 buah**

5. Pengujian dengan Alat Marshall

   a. Pemeriksaan Berat Jenis Campuran

      Setelah proses pencampuran dan pemadatan, benda uji dikeluarkan dari cetakan kemudian diukur pada tiga sisi tiap-tiap benda uji dan ditimbang untuk memperoleh berat benda uji kering. Kemudian merendambenda uji di dalam bak perendaman (*water bath)* selama 3-5 menit dan ditimbang dalam air untuk mendapatkan berat benda uji dalam air. Kemudian benda uji diangkat dan dilap sehingga kering permukaan dan didapatkan berat benda uji pada kondisi kering permukaan jenuh.

   b. Pengujian

      Pengujian dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap (*flow)* dari campuran aspal sesuai dengan prosedur SNI 2489-1991 atau AASHTO-245-90. Berikut langkah-langkah pengujian dengan alat *Marshall* :

      1) Benda uji direndam dalam bak perendaman pada suhu 60ºC ± 1ºC selama 30 menit

2) Bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan dilumasi agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
3) Benda uji dikeluarkan dari bak perendam, letakkan benda uji tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan kemudian letakkan bagian atas kepala penekan dengan memasukkan lewat batang penuntun, kemudian letakkan pemasangan yang sudah lengkap tersebut tepat di tengah alat pembebanan, arloji kelelehan (flow meter) dipasang pada dudukan diatas salah satu batang penuntun.
4) Kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh alas cincin penguji, kemudian diatur kedudukan jarum arloji penekan dan arloji kelelehan pada angka nol.
5) Pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm (2 inch.) per menit, dibaca pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun, pada saat itu pula dibaca arloji kelelehan. Titik pembacaan pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali menurun, itu merupakan nilai stabilitas *Marshall.*

Setelah pengujian selesai, kepala penekan diambil, bagian atas dibuka dan benda uji dikeluarkan.

6. Menghitung parameter *Marshall*

Setelah pengujian dengan menggunakan alat Marshall didapat nilai stabilitas dan *flow*, selanjutnya menghitung parameter marshall yaitu : VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran dengan menggambarkan hubungan antara

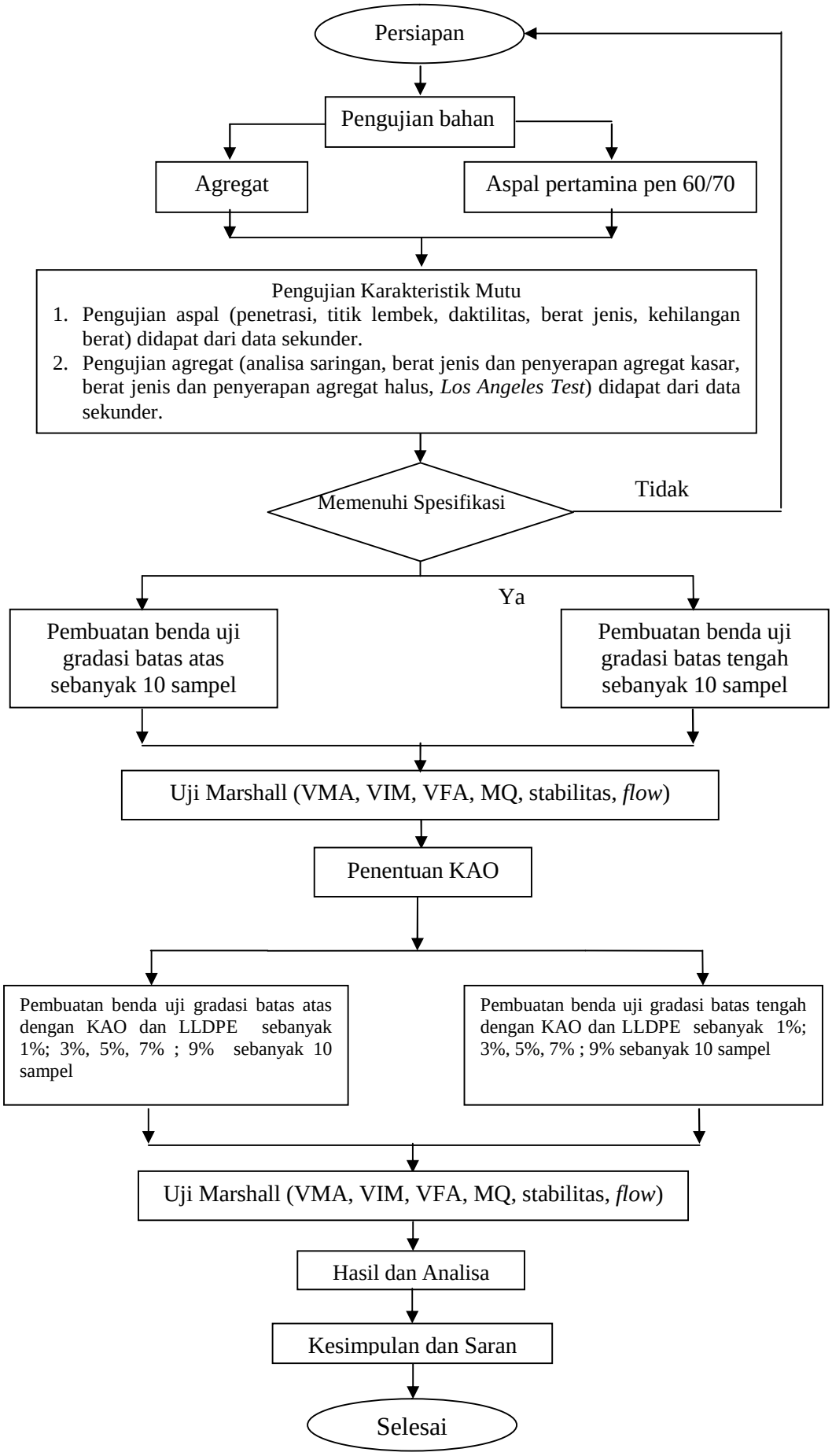
kadar aspal dan parameter *Marshall*.

7. Pengolahan dan Pembahasan Hasil

   Dari data hasil penelitian di Laboratorium akan membandingkan nilai stabilitas dan karakteristik campuran (rongga dalam campuran, rongga antar agregat dan rongga terisi aspal) akibat pengaruh variasi penambahan *Linier Low Density Polyetilen* (LLDPE) menggunakan dari ke lima jenis variasi % penambahan aspal benda uji yang berbeda gradasi, serta hasil pengolahan akan diuraikan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*, yaitu gambar grafik hubungan antara:

   a. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap Kepadatan
   b. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap VIM
   c. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap VMA
   d. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap VFA
   e. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap stabilitas
   f. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap *flow*
   g. Kadar aspal optimum + *low Liniear Density Polyetilen* (LLDPE) terhadap *Marshall Quotient* (MQ)

E. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. Diagram Penelitian

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian, pembahasan, dan analisa dapat diambil kesimpulan, sebgai berikut:

1. Pada grafik stabilitas pada bentuk grafik menyerupai para bola dengan adanya titik maksimum sebagai puncaknya, terlihat semakin bertambahanya kadar *LLDPE* maka nilai stabilitasnya bertambah, akan tetapi pada grafik nilai VIM tidak ada yang memenuhi standar spesifikasi Bina Marga revisi III.
2. Nilai penetrasi pada aspal campuran plastik LLDPE mengalami penurunan 1% = 61 , 3% = 55,4 , 5% = 47,5 , 7% = 45,5 , 9% = 43,5.

B. Saran

Berikut beberapa saran yang penulis usulkan untuk dijadikan bahan pertimbangan :

1. Perlunya perawatan dan perbaikan untuk alat pemadatan, agar pada saat melakukan proses pemadatan benda uji hasil yang diperoleh lebih maksimum nilai kepadatannya.

2. Perlu adanya perwatan untuk arloji pengukuran *flow* (kelelahan) pada alat *marshall* agar pada saat pengukuran laju arloji tidak mengalami hambatan.
3. Pada setiap mahasiswa yang melakukan pratikum mata kuliah maupun penelitian tugas akhir apabila telat selesai melakukan penelitian sebaiknya alat yang di gunakan dibersihkan kembali agar alat tetap bersih dan terawat.

DAFTAR PUSTAKA

Carlina, Serli. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Pemadatan Terhadap Nilai Stabilitas Marshal pada Laston (AC-WC).* Skripsi teknik sipil Universitas Lampung. 91 hal.

Maschuri, Imam dan Joi Freedy Bath. 2011. *Pemanfaatan Material Limbah Pada Campuran Beton Aspal Campuran Panas.* Jurnal Ilmiah teknik sipil staff pengajar Universitas Tadakulo, Palu. 9 hal.

Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif.* Jurnal Ilmiah AMNI Semarang. 9 hal.

Nyoman, Desak Nira Kesestriani. 2011. *Karakteristik Marshall Dengan Bahan Tambahan Limbah Plastik pada Campuran Split Mastic Asphalt (MASTIC).* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta. 14 hal.

Purwadi, Didik. 2008. *Buku Ajar Rekayasa Jalan Raya 2 (Perkerasan Jalan).* Universitas Diponegoro. 15 hal.

Sari, Kiki Lolita. 2015. Dampak Penambahan *Polyethylene Terepthalate* Dalam Campuran Lapisan AC-BC Ditinjau Dari Batas Atas dan Tengah Guna Peningkatan Nilai Stabilitas **.** Skripsi teknik sipil Universitas Lampung. 100 hal.

Sukirman, Silvia. 1999. *Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan*. Jakarta. Granit. 104 hal.

Suprapto Tm. 2004. *Bahan dan Struktur Jalan Raya*. Yogyakarta. KMTS FT UGM. 59 hal.

Tenrisukki, Andi Tenriajeng. *Seri Diktat Kuliah Rekayasa Jalan Raya* Gunadarma. 207 hal.

Wasiah, Tjitjik Suroso. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethilen) Cara Basah dan Cara Kering Terhadap Kinerja Campuran Beraspal.* Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan, Bandung.17 hal.

_____. http://digilib.unila.ac.id/6081/16/BAB%20II.pdf. 13 Desember 2015 13.41 WIB

_____. 2010. *Bab VII Spesifikasi Umum Divisi 6 Perkerasan Aspal*. Republik Indonesia Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga. 113 hal.

_____. 2011. *Format Penulisan Karya Ilmiah Universitas Lampung*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.

_____. 2012. *Panduan Praktikum Pelaksanaan Perkerasan Jalan (PPJ)*. Laboratorium Inti Jalan Raya Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lampung. Bandar Lampung. 59 hlm.