

PENGARUH PENGGUNAAN PLASTIK (LLDPE) SEBAGAI CAMPURAN ASPAL TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN AC – BC

Mohammad Adif Syahbana Firdaus¹, Akhmad Suryadi², Sugeng Riyanto³

Mahasiswa Teknologi Rekayasa Konstruksi Jalan dan Jembatan, Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang¹, Dosen Jurusan Teknik

Sipil, Politeknik Negeri Malang², Dosen Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Malang³

Email: adifsyahbanasyf@gmail.com¹, akhmad.suryadi@polinema.ac.id², sugeng.riyanto@polinema.ac.id³

ABSTRAK

Untuk meminimalisir jumlah kebutuhan aspal serta peningkatan mutu aspal dalam campuran seperti stabilitas, durabilitas, dan ketahanannya terhadap air dengan menambahkan bahan tambahan dalam campuran yang sifatnya mampu mengatasi kelemahan yang dimiliki aspal seperti plastik low linear density polyethylene (LLDPE). Penelitian ini dilakukan dengan meninjau dampak penambahan plastik (LLDPE) dalam campuran laston AC-BC terhadap karakteristik marshall yang tersusun dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal. Selanjutnya, melaksanakan uji fisik material dan merencanakan *Job Mix Formula*, serta pembuatan benda uji untuk menentukan nilai kadar aspal optimum. Untuk data analisis marshall melalui proses pengukuran, penimbangan, dan pengujian dengan alat Marshall. Dari hasil analisa didapatkan nilai kadar aspal yang sesuai spesifikasi SNI 03-1737-1989 sebesar 6,2%. Setelah itu dilanjutkan proses variasi dengan penambahan plastik (LLDPE) dengan variasi campuran plastik 0%, 0,25%, 0,50 %, 0,75%, 1 %, dihitung dari berat aspal. Dari proses analisa hasil pengujian, didapatkan kesimpulan seiring bertambahnya kadar LLDPE semakin turun pada nilai stabilitas namun hasilnya mampu masuk spesifikasi. Selain itu pada parameter VMA, VFA dan MQ memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989. Sehingga dengan menurunnya stabilitas dan nilai *flow* dinyatakan penambahan plastik LLDPE ini tidak dapat ditentukan nilai optimum. Dan estimasi biaya termurah dimiliki oleh Laston AC-BC dengan substitusi Plastik LLDPE 1% dengan harga Rp. 1.390.539.54.

Kata kunci: laston AC – BC, job mix formula, plastik LLDPE, aspal, *stabilitas*, *flow*

ABSTRACT

To minimize the amount of asphalt demand and improve the quality of asphalt in the mixture such as stability, durability, and resistance to water by adding additional ingredients in the mixture that are able to overcome the weaknesses of asphalt such as low linear density polyethylene (LLDPE) plastic. This research was conducted by reviewing the impact of the addition of plastic (LLDPE) in the AC-BC laston mixture on the marshall characteristics composed of coarse aggregate, fine aggregate, filler and asphalt. Furthermore, carrying out physical material tests and planning Job Mix Formula, as well as making test objects to determine the optimum asphalt content value. For marshall analysis data through the process of measuring, weighing, and testing with Marshall tools. From the results of the analysis, it was found that the value of asphalt content in accordance with SNI 03-1737-1989 specifications was 6.2%. After that, continue the variation process with the addition of plastic (LLDPE) with a plastic mixture variation of 0%, 0.25%, 0.50%, 0.75%, 1%, calculated from the weight of asphalt. From the process of analyzing the test results, it is concluded that as the LLDPE content increases, the stability value decreases but the results are able to enter the specifications. In addition, the parameters VMA, VFA and MQ meet the specifications of SNI 03-1737-1989. So that with the decrease in stability and flow values, it is stated that the addition of LLDPE plastic cannot determine the optimum value. And the cheapest cost estimate is owned by Laston AC-BC with 1% LLDPE plastic substitution at a price of Rp. 1,390,539.54.

Keywords: AC - BC laston, job mix formula, LLDPE plastic, asphalt, *stability*, *flow*

1. PENDAHULUAN

Aspal adalah material penting dalam konstruksi jalan raya, digunakan untuk mengikat agregat dalam campuran aspal. Agar kualitas dan daya tahan jalan tetap optimal, penting untuk meningkatkan mutu aspal dan mempertimbangkan penambahan bahan tambahan yang dapat memperbaiki kinerjanya. Salah satu solusi untuk mengatasi kekurangan aspal, seperti kerusakan akibat beban dan pengaruh air, adalah dengan menambahkan bahan tambahan seperti plastik low linear density polyethylene (LLDPE). Plastik LLDPE memiliki potensi untuk meningkatkan sifat fisik dan mekanik campuran aspal, khususnya pada lapisan pengikat AC-BC (Asphalt Concrete Base Course), yang dirancang untuk jalan dengan lalu lintas berat.

AC-BC berperan dalam mengurangi tegangan dari beban lalu lintas dan meningkatkan ketahanan terhadap deformasi. Kualitas campuran AC-BC sangat dipengaruhi oleh ketebalan dan kekakuannya. Penam bahan plastik LLDPE diharapkan dapat memperbaiki stabilitas dan kinerja campuran, serta memberikan dampak positif pada karakteristik fisik dan mekanik lapisan aspal.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efek penambahan plastik LLDPE pada campuran AC-BC. Pengujian Marshall akan dilakukan dengan variasi persentase plastik LLDPE yaitu 0%, 0,25%, 0,50%, 0,75%, dan 1% sebagai substitusi aspal. Diharapkan bahwa hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan tentang penggunaan plastik dalam industri konstruksi jalan, serta memfasilitasi inovasi dalam material jalan yang lebih ramah lingkungan dan berkinerja tinggi.

TINJAUAN PUSTAKA

Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah struktur yang diletakkan di atas tanah dasar (subgrade) dengan tujuan untuk mendistribusikan beban dari roda kendaraan, sehingga tanah dasar tidak mengalami deformasi selama masa rencana pemakaian dan untuk melindungi tanah dasar serta lapisan-lapisan perkerasan dari kerusakan akibat beban lalu lintas. Fungsi utama dari lapisan perkerasan adalah menjaga agar subgrade tetap stabil dan tidak rusak, serta mengurangi dampak dari beban yang diterima oleh jalan.

Lapis Aspal Beton (Laston)

Lapis aspal beton, atau sering disebut laston, adalah lapisan dalam konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang memiliki gradasi menerus. Campuran ini diolah dengan cara dipanaskan, dihamparkan, dan dipadatkan pada suhu tertentu. Agregat yang digunakan dalam campuran ini mencakup agregat kasar, agregat halus, dan filler, semuanya dengan gradasi yang sesuai. Kekuatan lapisan aspal beton terutama diperoleh dari sifat saling mengunci (interlocking) antar agregat, serta kontribusi dari mortir pasir, filler, dan aspal itu sendiri

Berdasarkan fungsinya aspal beton dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- a. Sebagai lapis permukaan (lapis aus) yang tahan terhadap cuaca, gaya geser, dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air dikenal dengan nama Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC).
- b. Sebagai lapis pengikat dikenal dengan nama Asphalt Concrete-Binder Course (ACBC).
- c. Sebagai lapis pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan atau pemeliharaan, dikenal dengan nama Asphalt Concrete-Base (AC-BASE). (Subagyo & Nana, 2023)

Lapisan AC-BC (Asphalt Concrete – Binder Course)

Lapisan AC-BC, atau Asphalt Concrete – Binder Course, merupakan bagian dari lapisan permukaan yang terletak di antara lapisan pondasi atas (base course) dan lapisan aus (wearing course). Lapisan ini terdiri dari campuran agregat dengan gradasi rapat atau menerus, dan biasanya digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang cukup berat (Sukirman, S., 2008). Berdasarkan Pedoman Perencanaan Campuran Beraspal Panas, lapisan ini berfungsi sebagai penutup konstruksi perkerasan jalan dengan nilai struktural, dan terdiri dari agregat bergradasi menerus yang dicampur dengan aspal keras, kemudian dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu.

Kelebihan dari lapisan AC-BC meliputi:

1. Kekuatan Tinggi Asphalt Concrete Binder Course dirancang untuk memberikan kekuatan tinggi pada jalan, mampu menahan beban lalu lintas yang berat dan berulang, termasuk kendaraan komersial besar seperti truk dan bus. Ini memungkinkan jalan yang diaspal dengan AC-BC menanggung beban lalu lintas intensif tanpa mengalami kerusakan struktural.
2. Kestabilan yang Baik Lapisan binder course dari AC-BC memberikan kestabilan yang baik pada permukaan jalan, menjaga bentuk jalan dan mencegah deformasi permanen seperti alur roda atau retak leleh. Dengan demikian, AC-BC membantu mempertahankan integritas struktural jalan selama masa pakainya.
3. Keawetan yang Lama Salah satu keunggulan utama dari AC-BC adalah kemampuannya untuk memberikan keawetan lama pada jalan. Dengan meminimalkan deformasi dan kerusakan, jalan yang menggunakan AC-BC memerlukan lebih sedikit perawatan dan perbaikan dibandingkan dengan jalan yang menggunakan bahan pengaspalan yang kurang tahan lama, sehingga mengurangi biaya pemeliharaan dalam jangka panjang.
4. Keseragaman Tinggi AC-BC menawarkan keseragaman tinggi dalam kualitas dan tekstur permukaan jalan, menghasilkan permukaan yang rata dan konsisten tanpa banyak ketidaksempurnaan atau perbedaan tingkat yang bisa mengganggu kenyamanan berkendara. Keseragaman ini juga memungkinkan distribusi beban lalu lintas yang merata di seluruh permukaan jalan.

5. Fleksibilitas yang Cukup Aspal AC-BC memiliki tingkat fleksibilitas yang memadai untuk menyesuaikan diri dengan perubahan suhu dan kelembaban lingkungan. Fleksibilitas ini penting untuk mengatasi ekspansi dan kontraksi termal sebagai respons terhadap perubahan suhu, mencegah retak dan deformasi pada permukaan jalan, dan menjaga kekokohan struktur jalan dalam jangka waktu yang lebih lama.

Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Material ini umum Bitumen atau aspal adalah zat perekat material (*viscous cementitious material*), berwarna hitam atau gelap, berbentuk padat atau semi padat, yang dapat diperoleh di alam ataupun sebagai hasil produksi. Bitumen dapat berupa aspal, tar, atau pitch. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi, tar adalah hasil kondensat dalam destilasi destruktif dari batubara, minyak bumi, kayu, atau material organik lainnya, sedangkan pitch diperoleh sebagai residu dari destilasi fraksional tar. Tar dan pitch tidak diperoleh di alam, namun merupakan produk kimiawi. Dari ketiga jenis bitumen tersebut di atas, hanya aspal yang umum digunakan untuk sebagai bahan pembentuk perkerasan jalan, sehingga seringkali bitumen disebut sebagai aspal.

Aspal bersifat termoplastis yaitu mencair jika dipanaskan dan kembali membeku jika temperatur turun. Sifat ini digunakan dalam proses konstruksi perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4 - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10 - 15% berdasarkan volume campuran



Gambar 1 Aspal

Polietilen

Polietilen adalah salah satu jenis plastik yang paling serbaguna dan banyak digunakan di seluruh dunia. Plastik ini dibuat dari monomer dasar berupa etilena, yang merupakan hidrokarbon berbentuk gas. Karena etilena sangat stabil, proses polimerisasi untuk menghasilkan polietilen (PE) memerlukan katalis, seperti titanium klorida. Sebagian besar industri plastik PE menggunakan proses

polimerisasi koordinasi yang melibatkan garam logam, seperti klorida dan oksida.

Polietilen umumnya dibagi menjadi tiga jenis utama:

1. **High-Density Polyethylene (HDPE)** HDPE adalah jenis plastik PE termoplastik yang diproduksi pada suhu dan tekanan relatif rendah. Plastik ini merupakan yang paling kuat di antara jenis PE lainnya, dengan sifat tahan terhadap cuaca, tembus cahaya, suhu rendah, dan senyawa kimia. HDPE digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembuatan peti, baki, kotak es, tutup botol, pipa, dan tangki.
2. **Low-Density Polyethylene (LDPE)** LDPE diproduksi melalui proses polimerisasi dengan tekanan yang jauh lebih tinggi dibandingkan HDPE. Seperti HDPE, LDPE juga memiliki ketahanan baik terhadap asam, alkali, dan alkohol. LDPE sering digunakan untuk membuat lapisan kabel dan insulator sub-konduktor, selang air, pipa, serta kantong plastik.
3. **Linear Low-Density Polyethylene (LLDPE)** LLDPE memiliki struktur yang mirip dengan LDPE tetapi dengan tingkat kelenturan yang lebih baik. Karakteristik LLDPE meliputi:
 - **Bahan yang Fleksibel:** LLDPE adalah plastik yang paling fleksibel di antara jenis PE lainnya, sehingga dapat dilipat, digulung, atau diremas dengan mudah.
 - **Tahan Terhadap Tusukan:** Kelenturan LLDPE memungkinkan material ini menahan tekanan dari tusukan dengan baik.
 - **Tidak Mudah Koyak Akibat Peregang:** Meskipun fleksibel, LLDPE memiliki kekuatan tensil yang tinggi dan dapat diregangkan cukup jauh sebelum menunjukkan tanda-tanda koyak.
 - **Kuat Terhadap Tarikan:** Kekuatan tensil LLDPE juga membuatnya relatif kuat ketika ditarik, ideal untuk aplikasi plastik pembungkus yang memerlukan ketegangan.
 - **Tahan Terhadap Senyawa Kimia:** LLDPE memiliki ketahanan yang mirip dengan LDPE terhadap senyawa kimia, dapat menahan cairan asam, basa, alkohol, dan minyak sayur. Namun, LLDPE tidak cocok untuk menampung hidrokarbon aromatik.

Dengan sifat-sifat ini, LLDPE sering digunakan dalam aplikasi yang memerlukan fleksibilitas dan ketahanan terhadap berbagai kondisi.

Pengujian Marshall

Menurut (Omer et al., 2020) Desain campuran Marshall adalah metode desain tertua yang digunakan. Disempurnakan oleh Bruce Marshall untuk Departemen Jalan Raya Mississippi pada akhir tahun 30-an, metode ini masih

digunakan secara luas oleh sebagian besar negara bagian. Kriteria Metode Marshall memungkinkan insinyur untuk memilih kadar aspal optimum yang akan ditambahkan ke dalam campuran agregat tertentu untuk menghasilkan campuran yang memenuhi sifat kepadatan, stabilitas, dan aliran yang diinginkan. Metode Marshall menggunakan briket standar (HMA) yang berdiameter 4 inci dan tinggi 2 1/2 inci. Prosedur persiapannya dipilih dengan cermat, dan melibatkan pemanasan, pencampuran, dan pemadatan campuran aspal/agregat. Sifat-sifat pengujian Marshall antara lain:

1. **Stabilitas**
Stabilitas adalah kemampuan perkerasan dalam menerima beban kendaraan tanpa adanya deformasi seperti misalnya gelombang, alur, maupun bleeding. Nilai stabilitas yang dibutuhkan akan meningkat jika tingkat lalu lintasnya semakin tinggi. Jalan dengan lalu lintas yang tinggi dan digunakan oleh kendaraan berat membutuhkan stabilitas yang lebih baik.
2. **Kelelahan (*flow*)**
Flow atau kelelahan merupakan suatu keadaan dari benda uji ketika mengalami deformasi pada campuran laston yang diakibatkan adanya keruntuhan pada benda uji. Nilai *flow* didapatkan dari penunjukkan jarum arloji pada alat Marshall penilaian diambil ketika jarum berhenti dan turun kembali ke posisi semula. *Flow* dinyatakan dengan satuan mm atau 0,001. Faktor yang dapat berpengaruh terhadap nilai *flow* adalah kadar aspal, viskositas, gradasi agregat, jumlah, dan teperatur pemadatan.
3. **Marshall Quotient (MQ)**
Marshall Quotient merupakan perbandingan dari nilai stabilitas terhadap nilai *flow*. Fleksibilitas akan naik jika penambahan kadar aspal yang sampai pada kadar optimal dan akan turun setelah mencapai pada batas maksimal.
4. **Void in the Mix (VIM)**
Void in the Mix merupakan jumlah persen rongga yang ada pada campuran dan dinyatakan dalam persen. Nilai VIM adalah indikator ketahanan aspal dan juga kemungkinan bleeding yang dialami nantinya, semakin rendah nilai VIM berarti rongga yang ada di dalam campuran aspal juga semakin kecil.
5. **Void in the Mineral Agregate (VMA)**
Void in the Mineral Agregate adalah nilai persen dari ruang rongga pada partikel agregat perkerasan, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif. VMA merupakan indikator dari ketahan.
6. **Void Filled with Asphalt (VFA)**
Void Filled with Asphalt adalah nilai persen dari perbandingan rongga dalam campuran yang terisi oleh aspal. Nilai VFA meningkatkan seiring dengan meningkatnya kadar aspal hingga batas tertentu dan rongga telah penuh (optimal) dan tidak termasuk aspal yang diserap oleh agregat

Tabel 1 Ketentuan Sifat – Sifat Laston

Sifat – sifat campuran	Laston		
	WC	BC	Base
Jumlah tumbukan Perbidang	75		112
Penyerapan aspal %	Mak.	1,2	
Rongga dalam Campuran (VIM) %	Min.	3,5	
Rongga dalam agregat(VMA)%	Mak.	5,5	
Rongga terisi aspal (VFB) %	Min.	15	14
Stabilitas marshall,Kg	Min.	800	1500
Pelelehan, mm	Mak.	-	-
Marshall quotient,Kg/mm	Min.	3	5
Stabilitas marshall Sisa(%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C pada VIM± 7%	Min.	80	
Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal), %	Min.	2,5	

Metode Pencampuran Plastik LLDPE

Pada kegiatan ini menurut (Saputro et al., 2022) ada 2 metode atau cara untuk mencampur pada saat pembuatan benda uji dimana ditambahkan dengan kadar plastik. Berikut merupakan uraiannya:

1. pencampuran kering merupakan cara pembuatan campuran beraspal, dimana limbah plastik dan agregat dicampur dahulu, kemudian ditambahkan aspal. Temperatur pencampuran agregat dan limbah plastik antara 160 °C hingga 170 °C. Aspal dicampur dengan jumlah yang sesuai rumusan campuran ke dalam wadah dan diaduk dengan waktu yang telah ditentukan, untuk menghasilkan campuran yang homogen dan semua butiran agregat terselimuti aspal dengan merata. Proses pencampuran kering ini ditunjukkan pada **Gambar 2**.



Gambar 2 Proses Pencampuran Cara Kering

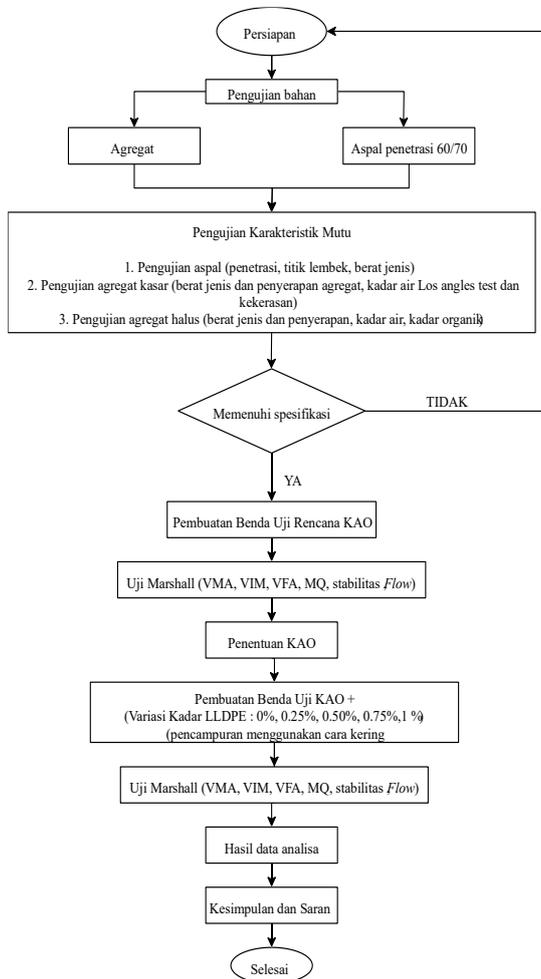
2. Proses pencampuran basah merupakan cara pembuatan campuran aspal, dengan agregat dicampur terlebih dahulu, kemudian ditambahkan limbah plastik. Proses pencampuran basah ditunjukkan pada **Gambar 3**.



Gambar 3 Proses Pencampuran Cara Basah

2. METODE PENELITIAN

Adapun tahapan diagram alir yang akan dilakukan dalam penelitian dengan judul Pengaruh Penggunaan Plastik (LLDPE) Sebagai Campuran Aspal Terhadap Karakteristik Campuran AC – BC sebagai berikut:



3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Perancangan Job Mix Formula dan Penentuan KAO

Setelah dilakukan pengujian awal pada bahan penyusun aspal beton, seperti pengujian agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal. Selanjutnya dilakukan perancangan proporasi campuran pada setiap agregat pada setiap saringan.

Proses rancangan dengan mencari presentase pada masing masing saaringan agregat sesuai dengan gradasi yang digunakan seperti pada Tabel 2. Berikut adalah hasil rancangan campuran agregat dan filler.

Tabel 2 Hasil Perancangan Proporsi Campuran agregat dan Filler

Ukuran Saringan	Berat tiap gram	Berat total
1 ½”	38,1	0
1”	25,4	0
¾”	19,1	0
½”	12,7	141
3/8”	9,52	169.2
No.4	4,76	310.2
No.8	2,38	197.4
No.30	0,59	129.72
No.50	0,279	56.4
No.100	0,149	33.84
No.200	0,074	33.84
pan	5%	56.4
		1128

Sebelum ditentukan kebutuhan berat aspal, maka terlebih dahulu menghitung prosentase variasi kadar aspal yang digunakan. Adapun perhitungan kadar aspal rencana (Pb) ditunjukkan dengan rumus sebagai berikut:

$$P_b = 0.035 (\%CA) + 0.045 (\%FA) + 0.18 (\%FF) + K$$

$$= 0.035 (50.0) + 0.045 (40.0) + 0.18 (5.0) + 1$$

$$= 6 \%$$

Dimana :

- CA = Agregat kasar
- FF = Filler
- FA = Agregat halus
- K = Konstanta

Dari perhitungan di atas diperoleh kadar aspal rencana (Pb) sebesar 5.625% kemudian dibulatkan menjadi 6%. Selanjutnya di tentukan dua kadar aspal diatas nilai Pb dan diperoleh hasil.

Table 1 3 Hasil Penentuan Variasi Kadar Aspal

Pb - 1	Pb - 0.5	b	Pb + 0.5	Pb + 1
5	5.5	6	6.5	7

Selanjutnya merupakan hasil dari pengujian benda uji normal, perlu dilakukan pengujian Marshall untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan digunakan pada kegiatan selanjutnya. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada **Tabel 4** sebagai berikut:

Tabel 4 Hasil Pengujian Benda Uji Normal

Parameter Marshall	Spek		Kadar Aspal					7.0 %
	min	max	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%		
VMA %	14	-	13.61	14.15	14.03	14.65	15.72	
VIM %	3.5	5.5	1.30	1.02	0.80	0.86	0.69	
VFA %	63	-	90.42	92.7	94.22	94.13	95.69	
Stabilitas (kg)	80	-	1599.2	1401.7	1271.8	1019.4	971.7	
Flow (mm)	3	5	2.35	1.82	2.33	2.74	3.00	
MQ (Kg/m)	25	-	685.87	778.42	550.71	377.8	324.6	
	0	-					6	

Untuk penentuan nilai KAO dilihat dari rata – rata stabilitas, flow, MQ, VMA, dan VFA yang telah memenuhi spesifikasi SNI 03-1737-1989 untuk campuran AC – BC dan ditentukan dengan mengambil kadar aspal yang paling ideal dari batas kadar aspal 5,3% hingga kadar aspal 7%.

Tabel 5 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sifat	Rentang Kadar Aspal yang Memenuhi Spesifikasi									
	5%	5.3%	5.5%	6%	6.2%	6.5%	7%			
VIM										
VMA										
VFA										
STA										
FLOW										
MQ										

dalam memenuhi spesifikasi yang telah ditentukan sehingga kadar aspal optimum yang didapatkan dari pengujian ini adalah 6,2%.

Tabel 6 Hasil Pengujian Kadar Aspal Optimum 6,2%

Parameter Marshall	Spesifikasi		Kadar Aspal 6.2%
	min	max	
VIM %	3.5	5.5	1.97
VMA %	15	-	19.01
VFA %	63	-	89.65
STABILITAS (KG)	800	-	931.06
FLOW (mm)	3	-	2.58
MQ (Kg/mm)	250	-	365.7

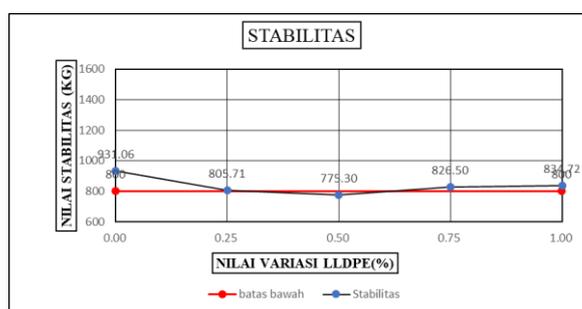
Hasil Pengujian Marshall Benda Uji normal dengan Variasi Plastik (LLDPE)

Adapun hasil dari kebutuhan plastik pada setiap variasinya sebagai berikut:

Tabel 7 Kebutuhan Plastik Pada Setiap Variasi

Kadar plastik LLDPE (%)	Berat plastik tiap benda uji (gram)	Banyaknya benda uji	Berat total plastik (gram)
0	-	3	-
0.25	0.186	3	0.558
0.5	0.372	3	1.116
0.75	0.558	3	1.674
1	0.744	3	2.232

Selanjutnya setelah di ketahui kebutuhan kadar palstik yang diperlukan maka rincian hasil dari pengujian marshall pada benda uji KAO substitusi plastik sebagai berikut:

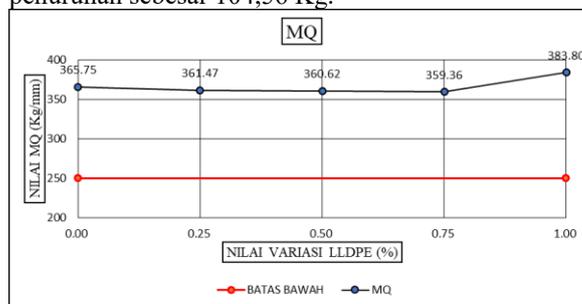


Gambar 5 Grafik Hubungan Penambahan Plastik LLDPE Terhadap Stabilitas

Stabilitas: Nilai substitusi aspal dengan plastik LLDPE terhadap nilai *stabilitas* menunjukkan jika nilainya mengalami penurunan dari kondisi normal tanpa campuran plastik, namun keseluruhan nilai parameter masih belum memenuhi kedalam spesifikasi SNI 03-1737-1989 yaitu 800 kg.

Berikut merupakan hasil perbandingan nilai stabilitas antara substitusi aspal dengan plastik LLDPE terhadap kondisi normal tanpa campuran plastik:

- a. Kadar plastik LLDPE 0,25% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 125,35 Kg.
- b. Kadar plastik LLDPE 0,50% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 155,76 Kg.
- c. Kadar plastik LLDPE 0,75% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 104,56 Kg.



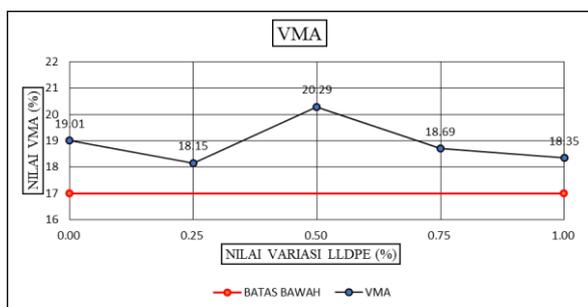
Gambar 6 Grafik Hubungan Penambahan Plastik LLDPE Terhadap MQ

d. Kadar plastik LLDPE 1% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 96,34 Kg

Marshall Qoutient: Nilai substitusi dengan plastik LLDPE terhadap nilai MQ menunjukkan jika nilainya mengalami penurunan dari kondisi normal tanpa campuran plastik, namun keseluruhan nilai parameter sudah memenuhi ke dalam spesifikasi SNI yaitu sebesar 250kg/mm.

Berikut merupakan hasil perbandingan nilai MQ antara substitusi aspal dengan plastik LLDPE terhadap kondisi normal tanpa campuran plastik:

- a. Kadar plastik LLDPE 0,25% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 4,28 Kg/mm.
- b. Kadar plastik LLDPE 0,50% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 5,13 Kg/mm.
- c. Kadar plastik LLDPE 0,75% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 6,39 Kg/mm.
- d. Kadar plastik LLDPE 1% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 18,05 Kg/mm.



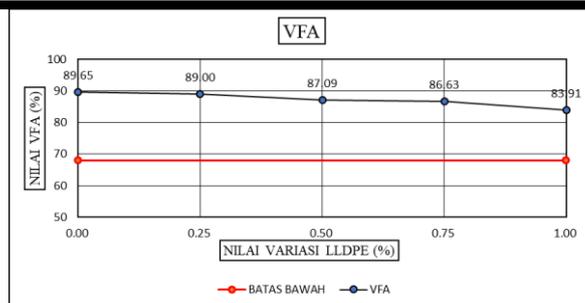
Gambar 7 Grafik Hubungan Penambahan Plastik LLDPE Terhadap VMA

VMA (Roangga Dalam agregat): Nilai substitusi dengan plastik LLDPE terhadap nilai VMA menunjukkan jika nilainya mengalami penurunan dari kondisi normal tanpa campuran plastik, namun keseluruhan nilai parameter sudah memenuhi ke dalam spesifikasi SNI yaitu sebesar 14%.

Berikut merupakan hasil perbandingan nilai VMA antara substitusi aspal dengan plastik LLDPE terhadap kondisi normal tanpa campuran plastik:

- a. Kadar plastik LLDPE 0,25% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 0,86%.
- b. Kadar plastik LLDPE 0,50% terhadap 0% terjadi ikenaikan sebesar 1,28%.
- c. Kadar plastik LLDPE 0,75% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 0,32%.
- d. Kadar plastik LLDPE 1% terhadap 0% terjadi ipenurunan sebesar 0,66%.

VFA (Rongga Terisi Aspal): Nilai substitusi dengan plastik LLDPE terhadap nilai VFA menunjukkan jika nilainya mengalami penurunan dari kondisi normal tanpa campuran plastik, namun keseluruhan nilai parameter sudah memenuhi ke dalam spesifikasi SNI yaitu sebesar 63%.



Gambar 8 Grafik Hubungan Penambahan Plastik LLDPE Terhadap VFA

Berikut merupakan hasil perbandingan nilai VFA antara substitusi aspal dengan plastik LLDPE terhadap kondisi normal tanpa campuran plastik:

- a. Kadar plastik LLDPE 0,25% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 0,65%.
- b. Kadar plastik LLDPE 0,50% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 2,56%.
- c. Kadar plastik LLDPE 0,75% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 3,02%.
- d. Kadar plastik LLDPE 1% terhadap 0% terjadi penurunan sebesar 5,74%.
- e.

Rencana Anggaran Biaya

Tabel 8 Rencana Anggaran Biaya Variasi 1%

Pekerjaan Laston Lapis BINDER (AC-BC) (Variasi 1%)					
NO	KOMPONEN	SATUAN	PERKIRAAN KUANTITAS	HARGA SATUAN (Rp)	JUMLAH HARGA (Rp)
A. TENAGA					
1	Pekerja	Jam	0.2410	17,484.00	4,213.64
2	Mandor	Jam	0.0201	23,690.00	476.17
JUMLAH HARGA TENAGA					4,689.81
B. BAHAN					
1	Agregat Kasar	M3	0.3341	196,106.00	65,519.01
2	Agregat Halus	M3	0.4236	323,946.00	137,223.52
3	Plastik LLDPE	Kg	0.5916	8,000.00	4,732.80
4	Filler Semen	Kg	9.5880	1,350.00	12,943.80
5	Aspal	Kg	58.568	12,533.00	734,037.75
JUMLAH HARGA TENAGA					954,456.89
C. PERALATAN					
1	Wheel Loader	Jam	0.0128	538,267.20	6,889.82
2	AMP	Jam	0.0201	9,940,530.56	199,804.66
3	Genset	Jam	0.0201	437,877.68	8,801.34
4	Dump Truck	Jam	0.0945	614,377.48	58,058.67
5	Asp.Finisher	Jam	0.0125	298,159.33	3,726.99
6	Tendem Roller	Jam	0.0286	519,129.74	14,847.11
7	P. Tyre Roller	Jam	0.0229	561,203.11	12,851.55
JUMLAH HARGA TENAGA					304,980.15
JUMLAH HARGA TENAGA, BAHAN DAN PERLATAN (A + B + C)					1,264,126.86
D. OVERHEAD & PROFIT (10% X D)					126,412.68
F. HARGA SATUAN PEKERJAAN (D + E)					1,390,539.54

Berdasarkan hasil perhitungan analisa biaya campuran aspal substitusi 1 % didapatkan nilai sebesar Rp. 1.390.539,49 M3. Hasil tersebut didapat dari perbandingan analisa biaya dari campuran aspal substitusi plastik LLDPE dengan variasi 1 % lebih murah dibandingkan dengan non substitusi maupun variasi 0.25 %, 0.50%, dan 0.75%.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil pengujian, pembahsan serta analisa data, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil dari pengujian sifat fisik aspal dan agregat untuk membuat campuran laston AC – BC memenuhi persyaratan dan spesifikasi yang di tentukan. Pada pengujian berat jenis aspal diperoleh nilai 1,035 gr/cc,

penetrasi aspal diperoleh nilai 65,4mm, dan untuk pengujian titik lembek diperoleh nilai 48°C. Sedangkan untuk pengujian sifat fisik agregat kasar menghasilkan berat jenis bulk diperoleh nilai 2,708 gr/cm³ dan untuk penyerapan diperoleh hasil 2,011%, pengujian kadar air agregat kasar diperoleh nilai 1,454%, pengujian kekerasan agregat kasar diperoleh hasil 3,981%, pengujian keausan agregat kasar diperoleh hasil 16,16%. Selain itu untuk hasil pengujian sifat fisik agregat halus menghasilkan berat jenis bulk pada pasir diperoleh nilai 2,687 gr/cm³, hasil penyerapan pasir diperoleh nilai 0,746, pengujian kadar air pasir Lumajang diperoleh nilai 1,74%, Sedangkan untuk pengujian penetrasi aspal dengan substitusi plastik LLDPE diperoleh nilai 58,8 mm, titik lembek diperoleh nilai 51.2 °C dan nilai berat jenis sebesar 0.92 gr/cc.

2. Hasil dari Kadar Aspal Optimum (KAO) tanpa menggunakan plastik LLDPE dengan nilai sebesar 6,2%, selanjutnya nilai tersebut berasal dari hasil pengujian benda uji normal dengan kadar aspal 5%, 5.5%, 6%, 6.5% dan 7% masing - masing 2 benda uji. Dari hasil pengukuran, penimbangan, dan hasil uji Marshall, sehingga hasil yang di dapatkan dan memenuhi beberapa spesifikasi yang mengacu pada SNI 03-1737-1989 pada kadar aspal 5.3% hingga 7% dan memiliki nilai tengah sebesar 6.2% dimana memiliki nilai kadar aspal yang optimum.
3. Dengan KAO 6,2% hasil dari substitusi plastik LLDPE dengan nilai variasi 1% berdasarkan hasil pengujian didapatkan nilai stabilitas yang terukur adalah 834.72 kg. Ini menunjukkan kemampuan campuran untuk menahan beban dan kurang baik dalam mempertahankan strukturnya, presentase VMA adalah 18.35% mencerminkan volume rongga diantara butiran agregat dalam campuran. Angka ini penting untuk memastikan bahwa ada cukup ruang untuk mengikat dengan aspal, presentase VFA adalah 83.91%, menunjukkan seberapa baik rongga yang terisi aspal yang dapat mendukung kualitas permukaan jalan yang baik, nilai Marshall Quotient adalah 360.24 kg/mm, yang menunjukkan kekuatan campuran dalam menghadapi beban lalu lintas. Akan tetapi pada parameter VIM adalah 2.95% yang tidak memenuhi spesifikasi yang ditetapkan dan nilai flow yang didapat sebesar 2.00 mm dengan nilai yang kecil membuat mudah retak akibat terlalu dikit aspal. Maka untuk nilai ke empat spesifikasi yang memenuhi meliputi VMA, VFA, Stabilitas, MQ, akan tetapi untuk nilai flow dan VIM tidak dapat memenuhi spesifikasi.
4. Dari hasil tabel perhitungan di atas dapat disimpulkan bahwa rencana anggaran biaya dengan variasi substitusi plastik LLDPE sebesar 1% memiliki nilai paling murah sebesar Rp 1.390.539,49 m.³

Saran

Adapun beberapa saran yang penulis usulkan terkait dengan pelaksanaan penelitian di laboratorium aspal Politeknik Negeri Malang antara lain:

1. Untuk perawatan alat lebih ditingkatkan baik manual maupun mesin seperti contoh alat Marshall Test agar dalam pengujian lebih maksimal dan nilai yang akurat.
2. Untuk peneliti selanjutnya jika menggunakan jenis plastik LLDPE untuk mencoba menggunakan kadar plastik LLDPE dengan volume tinggi di atas 10%.
3. Untuk peneliti selanjutnya mencoba untuk menggunakan cara basah pada proses pencampuran.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Abbas, O., Zainab, M., Mhasein, F., Hussein, Z., Ali, K., Jaber, A., Hussien, A., Kadhim, A., & Sultan, H. (2019). *Durability of Asphalt Concrete Mixture*
- [2]. Hanafi, Rusgiyanto, F., & Juhara, A. (2024). Performance of asphaltic concrete binder course (AC-BC) using gilsonite modified asphalt. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1294(1), 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1294/1/012029>
- [3]. Handayasari, I., Kusumastuti, D. P., & Chairat, A. S. N. (2021). Analisis Stabilitas Dan Durabilitas Campuran Pada Aspal Modifikasi Menggunakan Polimer Ldpe. *Jurnal Penelitian Sekolah Tinggi Transportasi Darat*, 12(1), 74–80. <https://doi.org/10.55511/jpsttd.v12i1.563>
- [4]. Hidayat, N., Pratama, G. N. I. P., & Pramita, I. D. (2019). The Effect of PET Plastic Addition (Polyethylene Terephthalate) and Carbide Waste Filler for Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) on Marshall Characteristics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 366(1), 012024. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/366/1/012024>
- [5]. Hidayati, H. N., Rifqi, M. G., & Amin, M. S. (2021). Pengaruh Penambahan Plastik LDPE Pada Campuran Aspal Beton Lapis AC-BC. *Journal of Applied Civil Engineering and Infrastructure Technology*, 2(2), 1–6. <https://doi.org/10.52158/jaceit.v2i2.63>
- [6]. Jumas, D. (2020). Model Estimasi Biaya Pada Bangunan Gedung. In *LPPM Universitas Bung Hatta*. https://lppm.bunghatta.ac.id/images/buku_2020/DWIFITRA_JUMAS_UNIVERSITAS_BUNG_HATTA.pdf
- [7]. Kojongian, T. M., Waani, J. E., Ch, S., & Palenewen, N. (2023). Pengaruh Gradasi dan Porositas Agregat Terhadap Karakteristik. *Tekno*, 21(83), 1–10.
- [8]. Suryadi, A., & Rochman, T. (2024). Effect of the Utilization of Lightweight Brick Wastes and Silica Fume Addition on the Concrete Compressive Strength. *Civil Engineering and Architecture*, 12(4), 2577–2597. <https://doi.org/10.13189/cea.2024.120407>