



Pengaruh Gradasi dan Porositas Agregat Terhadap Karakteristik Campuran AC-BC yang Menggunakan Aspal dengan Substitusi Plastik *High Density Polyethylene* (HDPE)

Theresia Melina Kojongian^{#a}, Joice E. Waani^{#b}, Steve Ch. N. Palenewen^{#c}

[#]Program Studi Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi, Manado, Indonesia
^atkojongian2000@gmail.com, ^bjoicewaani@yahoo.com, ^cspalenewen@unsrat.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gradasi dan porositas agregat terhadap karakteristik campuran AC-BC menggunakan aspal yang disubstitusi sebagian dengan plastik HDPE. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah rekayasa laboratorium mengacu pada Spesifikasi umum Bina Marga 2018 Revisi II dan menggunakan cara pencampuran basah (*wet process*). Persentase HDPE yang disubstitusikan terhadap aspal adalah sebesar 0,0%, 4,0%, 5,0% dan 6,0%. Agregat yang digunakan terdiri dari 2 komposisi campuran untuk membedakan besarnya pori dalam campuran yang diharapkan akan memengaruhi kinerja campuran yang diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi campuran tidak berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik Marshall karena adanya substitusi HDPE terhadap kedua campuran. Pada campuran I, semakin besar persentase substitusi HDPE terhadap aspal mengakibatkan penurunan stabilitas, *flow* dan VMA meningkat, VIM relatif meningkat dan VFB yang semakin menurun. Pada campuran II, semakin besar persentase substitusi HDPE terhadap aspal mengakibatkan stabilitas meningkat sedangkan *flow* berfluktuasi, VMA dan VIM juga meningkat, serta VFB menurun. Maka, untuk campuran I dengan kadar agregat halus yang besar membutuhkan aspal yang cukup besar dengan kadar HDPE yang disubstitusikan sebesar 2,75% saja terhadap berat aspal. Sedangkan untuk campuran II dengan kadar agregat kasar yang besar membutuhkan aspal yang relative sedikit sehingga jumlah HDPE yang dapat disubstitusikan sebesar 4,25% terhadap berat aspal.

Keyword: High Density Polyethylene; gradasi; porositas; Laston (AC-BC)

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Agregat merupakan komponen utama dari suatu campuran perkerasan jalan, yaitu berkisar pada 90-95% terhadap total berat campuran atau 75-85% terhadap total volume campuran. Gradasi, berat jenis dan penyerapan agregat adalah sifat-sifat fisik agregat yang sangat berpengaruh pada kualitas campuran aspal. Besarnya pori atau rongga antara agregat mengakibatkan kebutuhan aspal yang cukup besar untuk mengisi pori yang ada. Jika pori antara agregat tidak terisi oleh aspal, maka campuran menjadi tidak kuat tetapi jika aspal menempati semua pori yang ada maka akan terjadi kekurangan aspal untuk membungkus agregat sehingga campuran menjadi kurang *solid*. Oleh karena itu spesifikasi campuran aspal menetapkan persyaratan batas pori dalam campuran agar supaya aspal yang tersedia cukup untuk membungkus agregat sehingga campuran menjadi kuat karena adanya kelekatan antara agregat dengan agregat oleh adanya aspal. Litbang Jalan dan Jembatan (2018) mendapatkan bahwa kadar aspal optimum dalam *Job Mix Formula* lebih besar dari kadar aspal optimum dalam *Design Mix Formula* disebabkan oleh besarnya penyerapan agregat terhadap aspal. Disamping itu penambahan plastik dalam campuran aspal akan menurunkan nilai penyerapan agregat terutama pada agregat dengan porositas tinggi. Agregat dengan berat jenis kecil (porositas tinggi) menunjukkan bahwa agregat

tersebut mudah retak karena kurang padat sehingga tidak memenuhi syarat untuk digunakan pada campuran perkerasan jalan. Plastik adalah suatu bahan yang dikenal memiliki sifat-sifat serba guna, variasi lentur, awet dan tahan lama, serta biaya produksi yang murah. Mengutip data dari Badan Pusat Statistik (BPS) (2021), limbah plastik di Indonesia telah mencapai 66 juta ton per tahun. Dalam upaya untuk meningkatkan nilai fungsinya, limbah plastik ini dapat dimanfaatkan kembali dalam bidang konstruksi jalan raya sebagaimana yang dikatakan Jambeck (2014), bahwa pemanfaatan/pengolahan limbah plastik merupakan hal yang penting yang perlu mendapat perhatian guna penyelamatan lingkungan di suatu negara. Menurut Ersu dkk (2021), substitusi plastik HDPE (*High Density Polyethylene*) terhadap aspal pada campuran aspal beton pada gradasi rapat maupun terbuka memiliki stabilitas yang memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Namun demikian dari hasil pengujian untuk kedua jenis gradasi agregat menghasilkan kinerja campuran yang berbeda, yaitu pada gradasi terbuka campuran yang dihasilkan masih dalam kondisi elastis, sedangkan pada gradasi rapat kinerja campuran sudah lebih kaku sehingga lebih baik menahan beban. Selain jenis HDPE (*High Density Polyethylene*), jenis plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dapat juga digunakan pada campuran aspal. Balai Litbang Perkerasan Jalan, Bina Marga (2018), menyatakan bahwa penambahan 4-6% kadar LDPE optimum dalam campuran akan meningkatkan nilai stabilitas dan ketahanan terhadap deformasi. Namun demikian penambahan > 6% limbah plastik LDPE terhadap kadar aspal akan menurunkan ketahanan campuran terhadap *fatigue*. Oleh karena itu dalam penelitian ini, akan dilakukan penelitian terhadap campuran aspal AC-BC yang sebagian aspalnya disubstitusi parsial dengan limbah plastik jenis HDPE untuk mengetahui pengaruh dari gradasi dan porositas agregat dalam campuran tersebut dan juga untuk mengetahui persentase kadar plastik HDPE optimum yang dapat ditambahkan dalam campuran aspal AC-BC berkaitan dengan variasi komposisi agregat yang berbeda.

1.2 Rumusan masalah

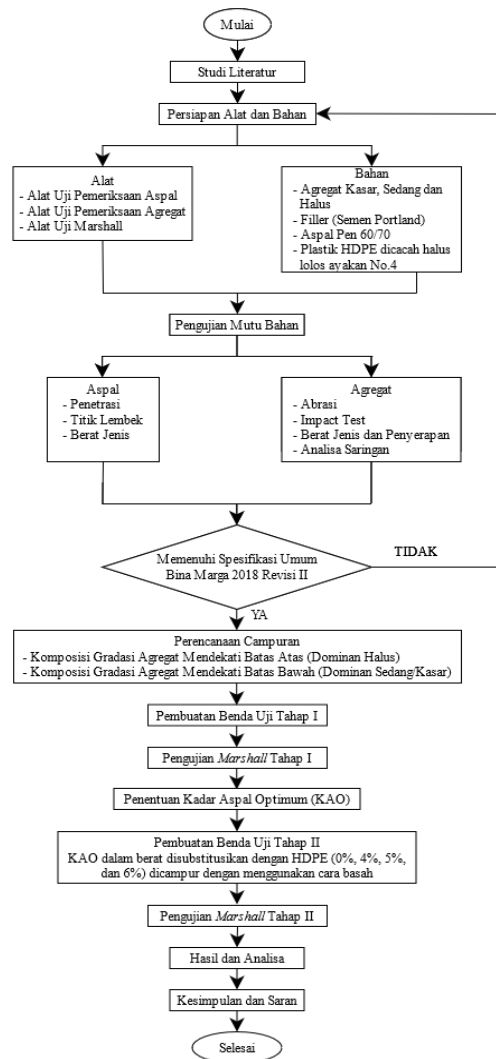
Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh dari gradasi dan porositas agregat terhadap sifat volumetri dan kekuatan campuran AC-BC yang kadar aspalnya disubstitusi parsial dengan HDPE serta berapakah persentase kadar HDPE yang dapat ditambahkan pada campuran AC-BC.

1.3 Tujuan penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh gradasi dan porositas agregat terhadap sifat volumetri dan kekuatan campuran AC-BC yang kadar aspalnya disubstitusi parsial dengan HDPE serta untuk mengetahui berapa persentase HDPE optimum terhadap persentase aspal yang dapat ditambahkan pada campuran AC-BC.

2. Metode

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen, dengan tahapan penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Alir

3. Hasil dan Pembahasan.

3.1 Hasil pemeriksaan karakteristik aspal

Aspal yang digunakan pada penelitian ini merupakan aspal Pertamina penetrasi 60/70 yang tersedia di Laboratorium Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi.

Tabel 1. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal (Hasil Analisis, 2022)

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
Penetrasi pada 25°C	SNI 2456:2011	67,28	60-70	0,1mm
Titik Lembek	SNI 2434:2011	48,5	46-54	°C
Berat Jenis	SNI 2441:2011	1,0453	≥ 1,0	-

3.2 Hasil pemeriksaan karakteristik agregat

Agregat yang digunakan pada penelitian ini berasal dari desa Lansot, Kecamatan Kema, Minahasa Utara, Sulawesi Utara. Hasil pemeriksaan abrasi, *impact value*, berat jenis dan penyerapan dimuat pada Tabel 2, untuk hasil pemeriksaan analisa saringan dimuat pada Tabel 3.

Tabel 2 . Hasil Pemeriksaan Karakteristik Agregat (Hasil Analisis, 2022)

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	Hasil	Spesifikasi	Satuan
1. Agregat Kasar				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2016	2,67	$\geq 2,5$	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969:2016	2,72	$\geq 2,5$	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	2,80	$\geq 2,5$	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	1,76	$\leq 3,0$	%
Keausan Agregat	SNI 2417:2016	23,45	≤ 40	%
2. Agregat Sedang				
Berat Jenis Bulk	SNI 1969:2016	2,66	$\geq 2,5$	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1969:2016	2,71	$\geq 2,5$	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1969:2016	2,81	$\geq 2,5$	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1969:2016	2,06	$\leq 3,0$	%
3. Agregat Halus				
Berat Jenis Bulk	SNI 1970:2016	2,48	$\geq 2,5$	gr/cc
Berat Jenis SSD	SNI 1970:2016	2,51	$\geq 2,5$	gr/cc
Berat Jenis Semu	SNI 1970:2016	2,57	$\geq 2,5$	gr/cc
Penyerapan Air	SNI 1970:2016	1,37	$\leq 3,0$	%

Tabel 3. Hasil Pemeriksaan Analisis Saringan Agregat (Hasil Analisis, 2022)

No. Saringan	Ukuran (mm)	% Lolos Saringan		
		Agregat Kasar	Agregat Sedang	Agregat Halus
1"	25,40	100,00	100,00	100,00
3/4"	19,10	100,00	100,00	100,00
1/2"	12,70	48,44	100,00	100,00
3/8"	9,52	19,77	99,41	100,00
#4	4,75	0,79	36,41	99,65
#8	2,36	0,28	9,09	81,67
#16	1,18	0,23	5,12	62,58
#30	0,60	0,21	3,52	50,73
#50	0,30	0,18	2,45	33,19
#100	0,15	0,13	1,42	22,54
#200	0,075	0,05	0,42	11,38
Pan		0,00	0,01	0,00

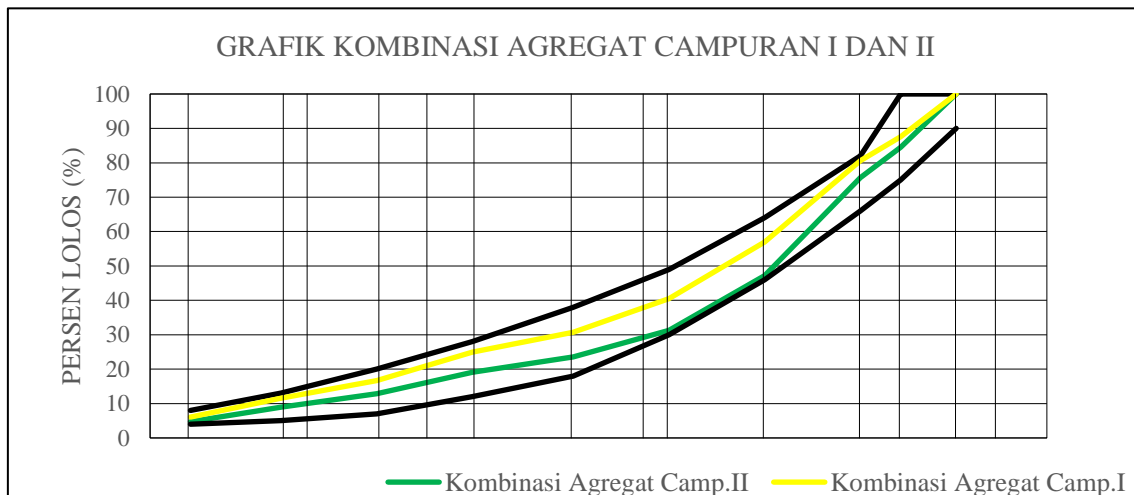
3.3 Hasil kombinasi gradasi agregat

Pada penelitian ini terdapat 2 variasi kombinasi komposisi agregat, yaitu variasi kombinasi I memiliki komposisi agregat kasar 24%, agregat sedang 30%, agregat halus 45% dan PC 1%, untuk variasi kombinasi II memiliki komposisi agregat kasar 30%, agregat sedang 36%, agregat halus 33% dan PC 1%. Kedua komposisi agregat tersebut telah memenuhi persyaratan untuk batas atas dan batas bawah Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi II. Hasil kombinasi agregat untuk campuran I dan II terlihat pada Tabel 4, dimana grafik kombinasi agregat kedua campuran dapat diamati pada Gambar 2.

Tabel 4. Kombinasi Agregat Campuran I dan II (Hasil Analisis, 2022)

SARINGAN		HASIL KOMBINASI I	HASIL KOMBINASI II	SPESIFIKASI
No	mm			
1"	25,40	100,00	100,00	100

SARINGAN		HASIL KOMBINASI I	HASIL KOMBINASI II	SPESIFIKASI
No	mm			
3/4"	19,10	100,00	100,00	90 - 100
1/2"	12,70	84,53	84,53	75 - 90
3/8"	9,52	75,72	75,72	66 - 82
#4	4,75	47,23	47,23	46 - 64
#8	2,36	31,31	31,31	30 - 49
#16	1,18	23,56	23,56	18 - 38
#30	0,60	19,07	19,07	12 - 28
#50	0,30	12,89	12,89	7 - 20
#100	0,15	8,99	8,99	5 - 13
#200	0,075	4,73	4,73	4 - 8



Gambar 1. Grafik Kombinasi Agregat (Hasil Analisis, 2022)

3.4 Hasil uji Marshall penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Hasil uji marshall untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO) terdiri dari hasil pengujian marshall campuran I yang dimuat pada Tabel 5 dan hasil pengujian marshall campuran II yang dimuat pada Tabel 6.

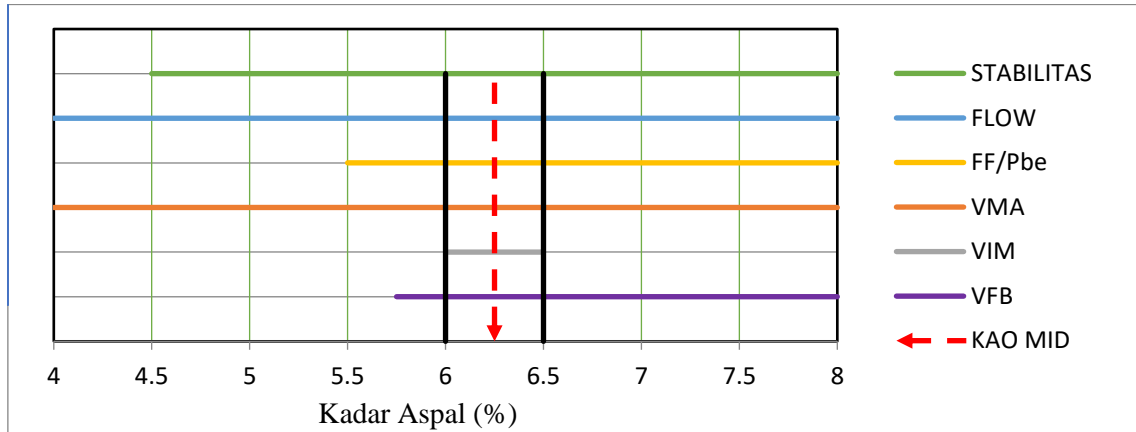
Tabel 5. Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan KAO Campuran I (Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	
Stabilitas (kg)	738,59	863,82	982,63	1093,78	816,10	Min. 800
Flow (mm)	2,10	2,61	3,04	3,43	3,74	2,0-4,0
VMA (%)	17,72	17,51	16,14	15,59	17,24	Min. 14
VIM (%)	11,06	8,60	4,77	1,76	1,29	3,0-5,0
VFB (%)	37,57	50,86	70,48	88,81	92,49	Min. 65

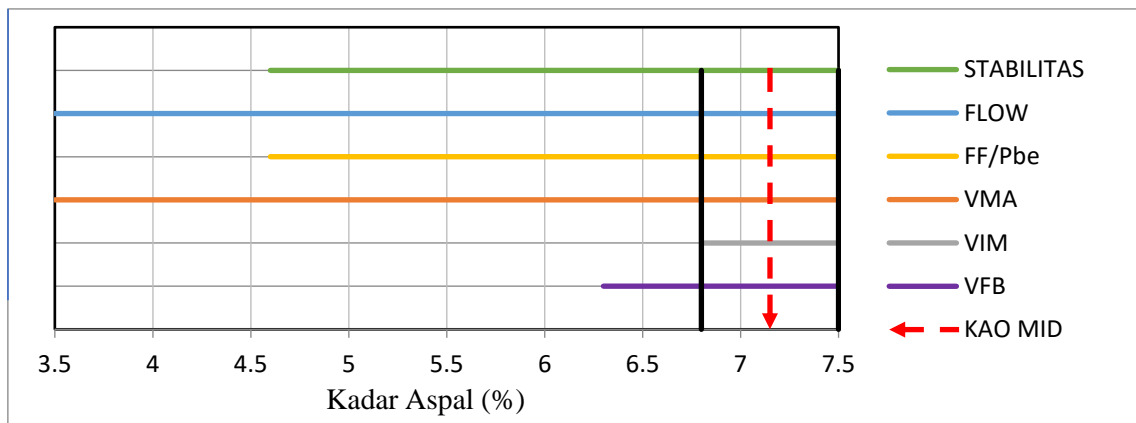
Tabel 6. Hasil Pengujian Marshall Untuk Penentuan KAO Campuran II (Hasil Analisis, 2022)

Karakteristik Marshall	Kadar Aspal (%)					Spesifikasi
	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	
Stabilitas (kg)	733,66	791,87	965,65	898,57	844,62	Min. 800
Flow (mm)	3,17	3,20	3,47	3,72	3,94	2,0-4,0
VMA (%)	19,19	19,37	18,62	18,18	17,82	Min. 14
VIM (%)	13,75	11,77	8,70	5,90	3,12	3,0-5,0
VFB (%)	28,34	39,31	53,29	67,57	82,50	Min. 65

Berdasarkan nilai karakteristik campuran yang dihasilkan pada pengujian Marshall yang kemudian diplot dalam grafik didapat nilai kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran I sebesar 6,25% (Gambar 3) dan untuk Campuran II sebesar 7,15% (Gambar 4).

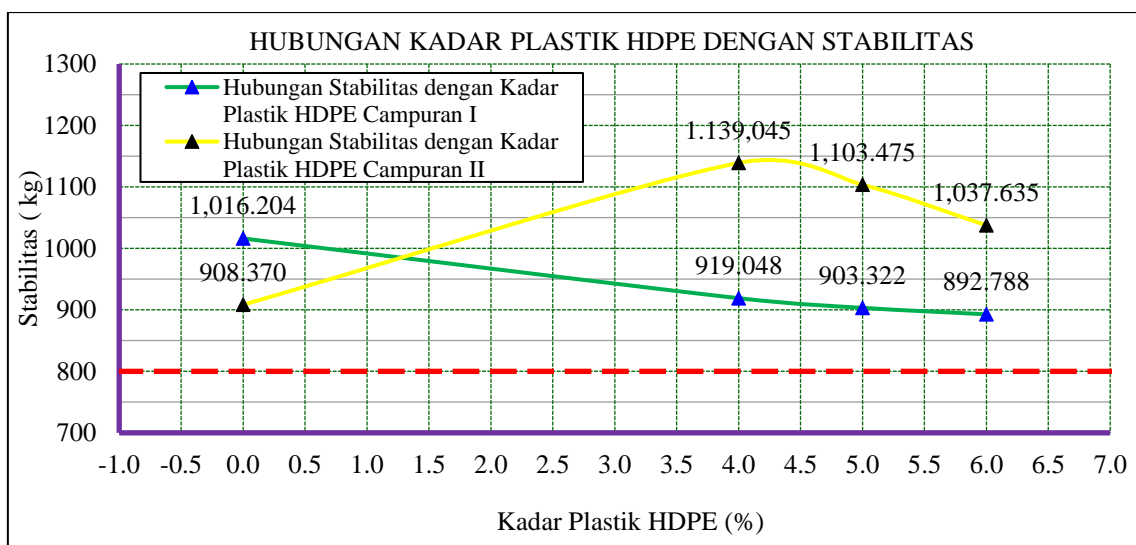


Gambar 2. Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran I (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 3. Kadar Aspal Optimum (KAO) Campuran II (Hasil Analisis, 2022)

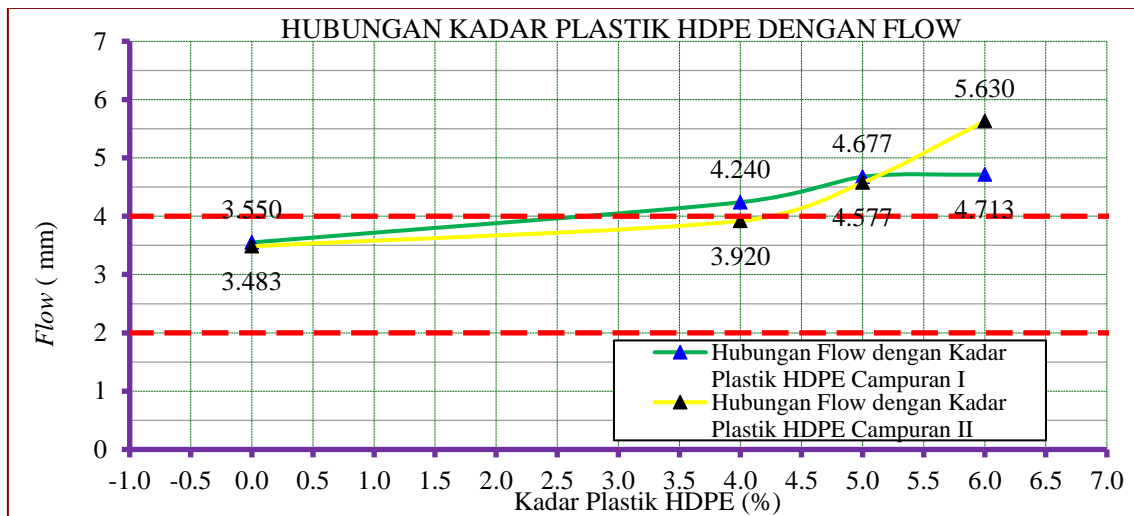
3.5 Hasil uji Marshall menggunakan aspal yang disubstitusi sebagian dengan plastik HDPE



Gambar 5. Hubungan Kadar Plastik HDPE dengan Stabilitas (Hasil Analisis, 2022)

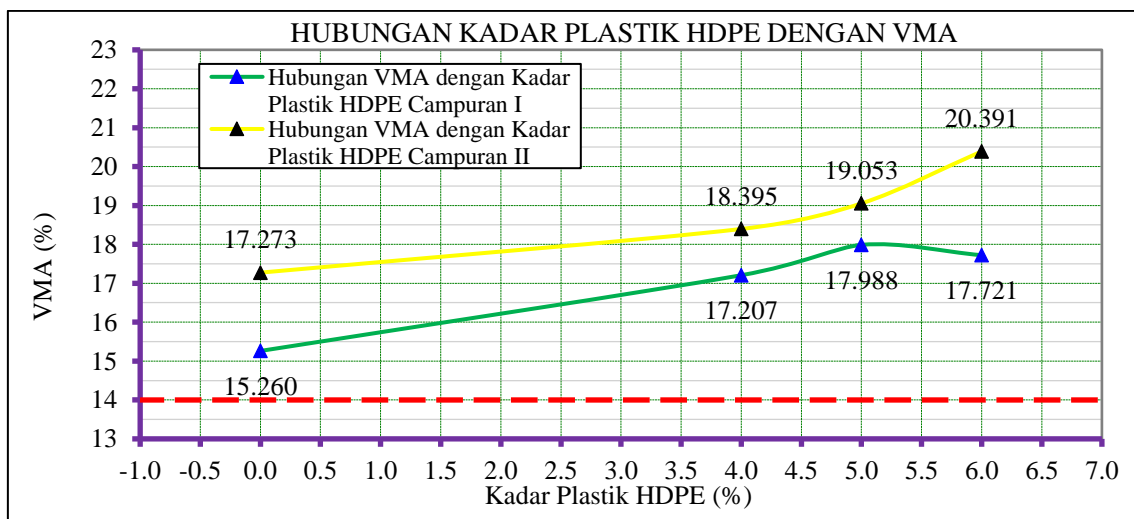
Nilai Stabilitas dari campuran II meningkat secara signifikan dibandingkan stabilitas dari campuran I yaitu pada kadar plastik HDPE 4,0%, hal ini terjadi karena perbedaan komposisi

agregat dari kedua campuran menghasilkan kadar aspal optimum (KAO) yang berbeda dimana KAO campuran I lebih kecil dibanding KAO campuran II. Perbedaan KAO tersebut otomatis menyebabkan perbedaan berat aspal yang memengaruhi berat plastik HDPE yang akan digunakan dalam campuran serta berat agregat dalam campuran. Hal tersebut akan memengaruhi nilai kepadatan dari suatu campuran yang selanjutnya akan memengaruhi nilai stabilitasnya.



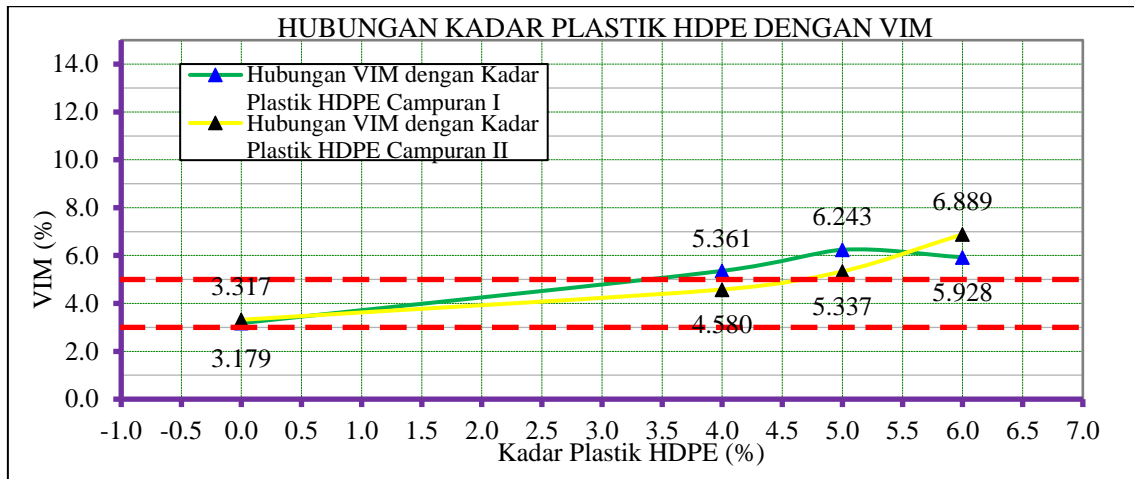
Gambar 6. Hubungan Kadar Plastik HDPE dengan *Flow* (Hasil Analisis, 2022)

Berdasarkan hasil penelitian disimpulkan bahwa gradasi agregat juga memengaruhi nilai *flow* pada campuran AC-BC yang sebagian aspalnya disubstitusi dengan plastik HDPE dimana semakin komposisi agregat mendekati batas atas maka nilai *flow* akan semakin naik seiring dengan bertambahnya kadar plastik. Selain itu dilihat dari grafik pada Gambar 6 penggunaan plastik HDPE juga memengaruhi nilai *flow*, dimana semakin tinggi kadar plastik maka nilai *flow* akan semakin meningkat.



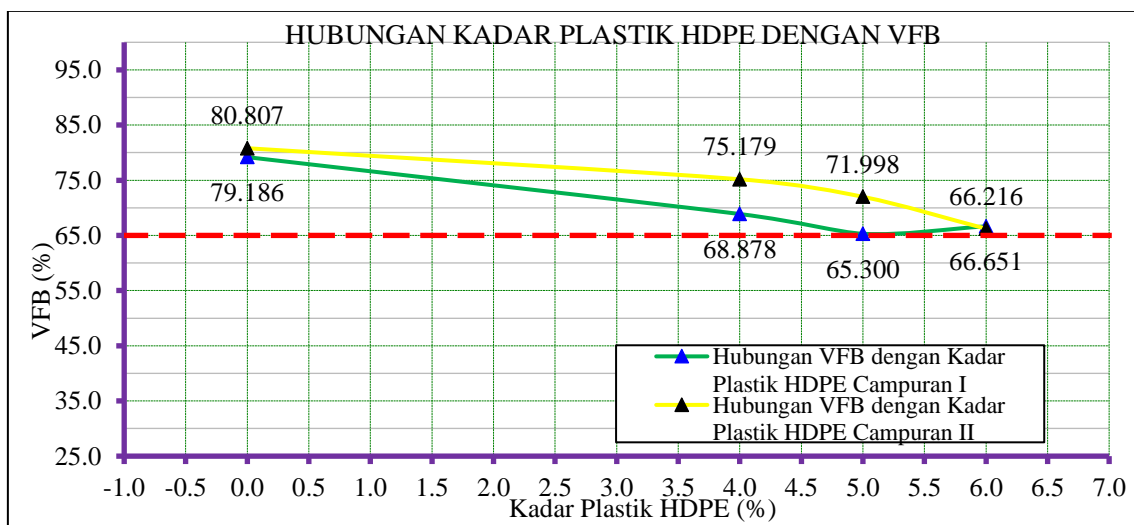
Gambar 7. Hubungan Kadar Plastik HDPE dengan VMA (Hasil Analisis, 2022)

VMA pada campuran I lebih kecil daripada campuran II karena perbedaan komposisi agregat pada campuran I dan II dimana pada campuran I didominasi oleh agregat halus sehingga menciptakan campuran dengan rongga yang lebih sedikit karena dapat diisi oleh agregat halus, sedangkan pada campuran II yang didominasi oleh agregat sedang dan kasar rongga yang tercipta lebih banyak karena ketersediaan agregat halus yang dapat mengisi rongga lebih sedikit.



Gambar 8. Hubungan Kadar Plastik HDPE dengan VIM (Hasil Analisis, 2022)

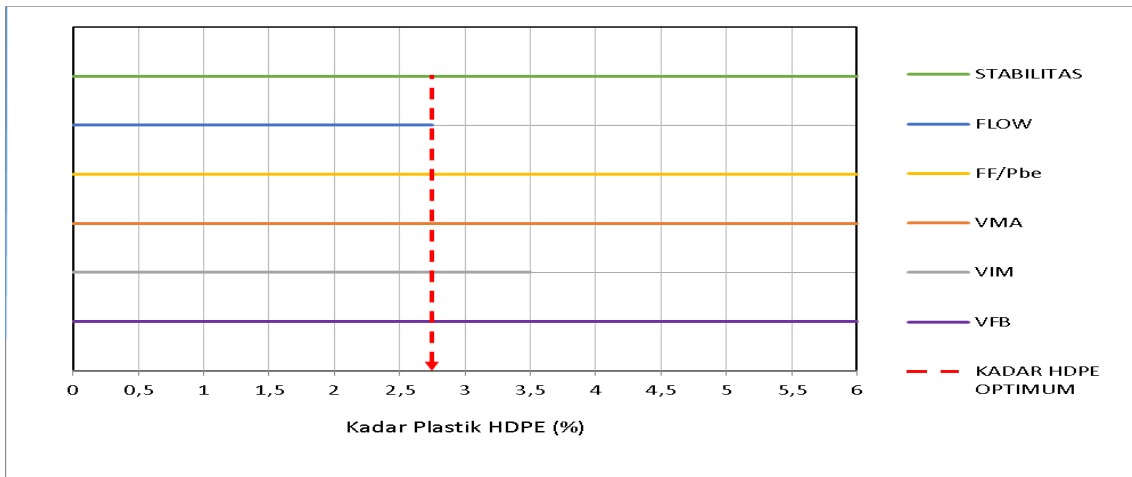
Nilai VIM pada campuran dengan kadar plastik HDPE 0,0% untuk campuran I lebih kecil daripada campuran II dimana dalam hal ini komposisi agregat yang digunakan pada campuran I yaitu komposisi agregat yang mendekati batas atas menghasilkan campuran dengan rongga yang lebih sedikit dibandingkan campuran II, namun pada campuran dengan kadar Plastik HDPE 4,0% nilai VIM campuran I lebih besar daripada campuran II dimana hal ini terjadi karena setelah penggunaan HDPE dalam campuran menyebabkan berat jenis maximum campuran I yang lebih besar daripada campuran II dan kepadatan campuran II sedikit lebih padat daripada campuran I.



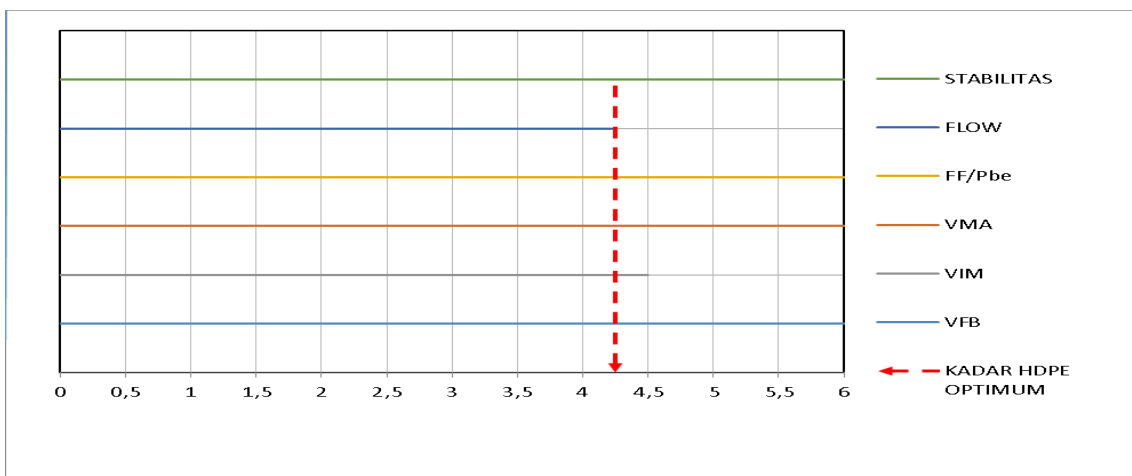
Gambar 9. Hubungan Kadar Plastik HDPE dengan VFB (Hasil Analisis, 2022)

Nilai VFB pada campuran I dimana komposisi agregat yang digunakan lebih dominan agregat halus lebih rendah dibandingkan nilai VFB pada campuran II dimana komposisi agregat yang digunakan lebih dominan agregat sedang dan kasar. Hal ini terjadi karena kadar aspal optimum yang digunakan pada kedua campuran berbeda sehingga campuran yang mengandung kadar aspal lebih besar akan menghasilkan VFB yang lebih besar pula, dalam hal ini campuran II memiliki kadar aspal lebih besar daripada campuran I sehingga lebih banyak rongga yang dapat terisi oleh aspal.

Berdasarkan nilai parameter marshall pada campuran AC-BC yang sebagian aspalnya disubstitusi dengan plastik HDPE tersebut, maka didapat nilai kadar plastik HDPE optimum pada campuran I (Gambar 10) mencapai 2,75% dengan nilai stabilitas tertinggi ada pada campuran dengan kadar plastik HDPE 0,0%. Kadar plastik HDPE optimum pada campuran II (Gambar 11) mencapai 4,25% dengan nilai stabilitas tertinggi ada pada campuran dengan kadar plastik HDPE 4,0%.



Gambar 10. Kadar Plastik HDPE Optimum Campuran I (Hasil Analisis, 2022)



Gambar 11. Kadar Plastik HDPE Optimum Campuran II (Hasil Analisis, 2022)

4. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan karakteristik Marshall yang memenuhi spesifikasi, hanya saja perbedaan komposisi campuran agregat dari kedua campuran ini tidak berpengaruh secara signifikan terhadap karakteristik Marshall karena dengan adanya substitusi HDPE terhadap kedua campuran. Pada campuran I, semakin besar substitusi HDPE terhadap aspal dalam campuran AC-BC mengakibatkan penurunan stabilitas, nilai *flow* yang semakin meningkat, nilai VMA meningkat, nilai VIM relatif meningkat dan nilai VFB yang semakin menurun. Sedangkan pada campuran II, semakin besar persentase substitusi HDPE terhadap aspal dalam campuran AC-BC mengakibatkan peningkatan nilai stabilitas sedangkan nilai *flow* berfluktuasi, nilai VMA dan VIM juga meningkat, serta nilai VFB menurun. Untuk campuran I dengan kadar agregat halus yang besar membutuhkan aspal yang cukup besar dengan kadar HDPE yang disubstitusikan sebesar 2,75% saja terhadap total berat aspal dalam campuran. Sedangkan untuk campuran II dengan kadar agregat sedang yang besar membutuhkan aspal yang relative sedikit sehingga jumlah HDPE yang dapat disubstitusikan sebesar 4,25% terhadap berat total aspal dalam campuran. Berdasarkan pada hasil penelitian dan kesimpulan, maka saran yang dapat diberikan berkaitan dengan penelitian ini adalah untuk campuran AC-BC yang aspalnya disubstitusi sebagian dengan HDPE dan menggunakan material agregat dari Desa Kema, Lansot sebaiknya menggunakan komposisi agregat seperti campuran II pada penelitian ini agar nilai stabilitas dapat meningkat, namun sebaiknya penggunaan HDPE disarankan tidak melebihi 4,25% terhadap berat total aspal. Ada baiknya juga komposisi agregat dibuat idealnya dulu yaitu berada ditengah-tengah antara batas bawah dan batas atas pada grafik rentang gradasi sesuai dengan spesifikasi, baru setelah itu dibuat juga untuk yang mendekati batas atas juga untuk yang mendekati batas bawah sehingga hasilnya dapat dibandingkan.

Referensi

- Anggraini, M. (2018). *Pengaruh Porositas Agregat Terhadap Rongga Dalam Campuran Beraspal Panas*. Pekanbaru: Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Lancang Kuning.
- Ariawan, I. A., & Widhiawati, I. R. (2010). *Pengaruh Gradasi Agregat terhadap Karakteristik Campuran Laston*. Denpasar: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Udayana.
- Balai Litbang Perkerasan Jalan. (2018). *Penerapan Terbatas Teknologi Aspal Plastik di Magelang*. Bandung: Perpustakaan Puslitbang Jalan & Jembatan.
- Daud, N., & Mansur, A. Z. (2020). *Analisis Kinerja Campuran Aspal Beton (AC-BC) Menggunakan Liquid Asbuton Dengan Penambahan Serpih Sampah HDPE (High Density Polyethylene)*. Tarakan: Universitas Borneo Tarakan.
- Eriyono, R. W., & Puspito, I. H. (2017). *Pengaruh Penambahan Plastik High Density Polyethylene pada Lapisan Perkerasan Aspal Beton AC-BC*. Jakarta Selatan: Program Studi Teknik Sipil Universitas Pancasila.
- Ersa, N. S., Hamzani, Satria, R. T., Usrina, N., Muthmainnah, & Desmi, A. (2021). *Karakteristik Campuran Aspal Beton dengan Substitusi Limbah High Density Polyethylene (HDPE) Menggunakan Gradasi Rapat dan Terbuka*. Lhokseumawe: Ripositori Universitas Malikussaleh.
- Fachrudin, I. H. (2016). *Pengaruh Penambahan Plastik HDPE (High Density Polyethylene) Cara Basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Aspal Beton*. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wileox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., . . . Law, K. L. (2015). *Plastic Waste Inputs From Land Into The Ocean*. Washington: American Association for the Advancement of Science.
- Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). *Spesifikasi umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi II) divisi 6 Perkerasan Aspal*. Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga.
- Rahmawati, A. (2015). *Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada Campuran Laston-WC terhadap Karakteristik Marshall*. Yogyakarta: Semesta Teknika.
- Rahmawati, A. (2017). *Perbandingan Penggunaan Polypropilene (PP) dan High Density Polyethylene (HDPE) pada Campuran Laston-WC*. Yogyakarta: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Sukirman, S. (1992). *Perkerasan Lentur Jalan Raya*. Bandung: Nova.
- Sukirman, S. (2003). *Beton Aspal Campuran Panas*. Jakarta: Granit.
- Sumiati, & Sukirman. (2014). *Pengaruh Gradasi Agregat Terhadap Nilai Karakteristik Aspal Beton (AC-BC)*. Palembang: Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Suroso, T. W. (2008). *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Polyethylene) Cara Basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Semarang: Badan Kejurusan Teknik Sipil Persatuan Insinyur Indonesia.
- Syahrudin, & Thamrin, S. (2003). *Pengaruh Variasi Agregat terhadap Karakteristik Campuran HRS-B*. Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia.
- Toruan, A., Kaseke, O., Kereh, L., & Sendow, T. (2013). *Pengaruh Porositas Agregat terhadap Berat Jenis Maksimum Agregat*. Manado: Jurusan Sipil Fakultas Teknik UNSRAT Manado.