

ANALISIS PENGARUH VARIASI UKURAN BUTIRAN AGREGAT KASAR TERHADAP KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL BETON

Ahmad Jihad¹, Hamdan Kadir²

^{1,2}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

Email: ajhijpl18@umi.ac.id; hamdankdir@umi.ac.id

ABSTRAK

Kata kunci:

Variasi, Agregat, Rongga, Marshall

Agregat Kasar menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam campuran, agregat kasar sangat berperan penting dalam campuran, karena mempunyai daya tahan untuk memikul beban lalu lintas. Jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi akan sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar, akan diisi oleh agregat berukuran kecil. Tetapi apabila distribusi agregat tidak sesuai maka akan menimbulkan terjadi rongga atau pori dalam campuran yang berdampak pada nilai kekuatan dan keawetan pada campuran. Dengan melakukan pengujian variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1 dimana presentase penggunaan agregat dari 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 dan 50/50 dalam campuran aspal akan diketahui seberapa besar pengaruh dari variasi terhadap karakteristik campuran aspal beton. Hasil pengujian karakteristik Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, Density dan Marshal Quotient terbaik terdapat pada variasi agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1 adalah pada variasi agregat 70/30. Dengan nilai stabilitas sebesar 1288,5 kg, nilai flow sebesar 2.43 mm, VIM sebesar 3.91%, VMA sebesar 16.38%, VFA sebesar 76.29%, Density sebesar 2,29 kg/mm³ dan Marshal Quotient sebesar 530.58 kg/mm. dan kadar Aspal Optimum yang digunakan adalah 6 %.

ABSTRACT

Keywords:

Variation, Aggregate, Cavities, Marshall

Coarse aggregate determines the number of cavities or pores that may occur in the mixture, coarse aggregate plays an important role in the mixture, because it has the resistance to carry traffic loads. If the aggregate mixture is evenly distributed from large to small aggregates, there will be fewer cavities or pores. This is because the cavity formed by the arrangement of large aggregates will be filled by small aggregates. But if the aggregate distribution is not appropriate, it will cause cavities or pores in the mixture which have an impact on the strength and durability value of the mixture. By testing variations in the grain size of coarse aggregate 1-2 and aggregate 0.5 -1 where the percentage of aggregate use from 90/10, 80/20, 70/30, 60/40 and 50/50 in the asphalt mixture will be known how much influence the variation has on the characteristics of the asphalt concrete mixture. The results of Marshall's characteristic testing show that the best stability, flow, VIM, VMA, VFA, Density and Marshal Quotient values are found in the coarse aggregate variation 1-2 and the aggregate 0.5 -1 is in the aggregate variation of 70/30. With a stability value of 1288.5 kg, flow value of 2.43 mm, VIM of 3.91%, VMA of 16.38%, VFA of 76.29%, Density of 2.29 kg/mm³ and Marshal Quotient of 530.58 kg/mm. and the optimum asphalt content used is 6%.

PENDAHULUAN

Agregat Kasar memiliki tingkat keseragaman butiran yang bermacam – macam, menurut ASTM (America Society for Testing Materials) ada batasan – batasan pada gradasi agregat kasar yang kemudian di sebut dengan batas atas dan batas bawah. Agregat Kasar menentukan besarnya rongga atau pori yang mungkin terjadi dalam agregat campuran, agregat kasar sangat berperan penting dalam campuran, karena mempunyai daya tahan untuk memikul beban lalu lintas. Jika campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil secara merata, maka rongga atau pori yang terjadi akan sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar, akan diisi oleh agregat berukuran kecil. Tetapi apabila distribusi agregat tidak sesuai maka akan menimbulkan terjadi rongga atau pori dalam campuran yang berdampak pada nilai kekuatan dan keawetan pada campuran. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan yakni 90-95% agregat berdasarakan presentase berat atau 75-85 % agregat berdasarakan presentase volume yang berfungsi sebagai kerangka yang memberikan stabilitas campuran jika dilakukan dengan alat pemadat yang tepat, Berdasarkan salah satu dari sifat – sifat yang diinginkan dalam campuran aspal beton yaitu stabilitasnya, campuran perkerasan aspal beton jenis AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) yang mana gradasi kasarnya utuh (saringan $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, No.4, No.8) kemudian dari gradasi tersebut divariasikan menjadi 5 variasi komposisi agregat kasar, sehingga diperoleh beberapa komposisi gradasi dengan maksud mengetahui sejauh mana pengaruh variasi komposisi tersebut terhadap nilai stabilitas yang dihasilkan.

Rumusan Masalah

Bagaimana Pengaruh dari penggunaan gradasi agregat kasar yang berbeda – beda pada perencanaan serta karakteristik campuran Aspal Beton

Tujuan Penelitian

Untuk mengetahui seberapa besar pengaruh dari penggunaan agregat kasar terhadap karakteristik campuran aspal beton

METODE

a. Waktu dan tempat penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Desember, tempat di lab. Bahan Perkerasan Jalan , WWCM

b. Metode pengumpulan data

Metode yang digunakan dalam mengumpulkan data yaitu metode eksperimental yang di dapatkan dari hasil pengujian material penyusun aspal.

c. Bahan dan Alat

• Bahan

Material agregat yang digunakan terdiri dari batu pecah 0,5 – 1, 1 -2, dan Abu Batu, yang diperoleh dari Bili – Bili Kab Gowa (Jalan Poros Malino), Aspal yang di gunakan aspal pertamina 60/70.

• Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alata uji karakteristik aspal, agregat – agregat, alat uji marshall.

d. Tahapan Penelitian

- **Tahap 1**
Pemeriksaan material berupa pemeriksaan karakteristik Agregat Split 0,5 – 1, Split 1 – 2, dan Abu Batu serta pemeriksaan karakteristik aspal dengan menggunakan metode Trial and error
- **Tahap 2**
Penentuan variasi ukuran gradasi agregat kasar dengan komposisi agregat kasar ukuran 0,5 -1 dan 1 -2 sebanyak 5 variasi dalam setiap campuran aspal. Dengan variasi agregat kasar 90 %10, 80%,20%,70%,30%,60%,40% dan 50%,50% dari berat total agregat kasar dalam campuran.
- **Tahap 3**
Penentuan komposisi campuran Komposisi campuran AC WC (mix design) berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 rev 2.
- **Tahap 4**
Pembuatan benda uji untuk marshall. Sebanyak 75 briket, dimana setiap kadar aspal di variasikan agregat kasarnya sebanyak 5 variasi untuk menentukan kadar aspal optimum (KAO)
- **Tahap 5**
Pengujian Karakteristik campuran dengan uji marshall test, dengan sampel uji kadar aspal rencana untuk menentukan Kadar aspal optimum.
- **Tahap 6**

Pengujian Marshall test dengan sampel Kadar Aspal Optimum yang di dapatkan dari hasil pengujian kadar aspal rencana dengan mevariasikan gradasi agregat kasar sebanyak 5 variasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Pemeriksaan Agregat dan Aspal

Agregat yang dipakai dalam penelitian ini berupa agregat kasar ukuran 0,5 – 1 , 1 – 2, Abu batu. Hasil pemeriksaan karakteristik agregat sesuai dengan metode pengujian yang di pakai dan spesifikasi yang di syaratkan. Hasil pemeriksaan di tunjukan pada tabel 1 dan 2 berikut:

Tabel 1 Hasil Pemeriksaan Sidat – sifat fisik Agregat

No	Jenis Pemeriksaan	Split		Abu Batu	Spesifikasi (%)
		1 -2	0,5 – 1		
	Formula	16%	34%	50%	
1	Ayakan (%lolos)				
	3/4"	100	100	100	100
	1/2"	58,44	100	100	90-100
	3/8"	20,58	89,42	100	77-90
	No.4	0,82	23,31	100	53-63
	No.8	0	1,68	77,76	33-53
	No.16	0	0	56,52	21-40
	No.30	0	0	39,43	14-30
No.50	0	0	23,76	9-22	

Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Butiran Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton

	No.100	0	0	15,52	6-15
	No.200	0	0	9,10	4-9
2	Berat Jenis Agregat				
	a. Bulk	2,51	2,55	2,58	Min 2,5
	b. SSD	2,57	2,6	2,71	Min 2,5
	c. Apparent	2,66	2,68	2,51	Min 2,5
	d. Penyerapan	2,20	1,91	2,95	Max 3
3	Berat Isi				
	a. Gembur	1,41	2,049	1,51	
	b. Padat	1,53	2,219	1,68	

Tabel 2. Hasil Pemeriksaan Karakteristik Aspal 60/70

Jenis Pengujian	Hasil	Spesifikasi
Penetrasi 25 ⁰ C;100 gr (0,1mm)	60	60-70
Berat Jenis Aspal	1,024	≥1,0
Titik Lembek Aspal (⁰ C)	53.25 ⁰ C	≥48 ⁰ C
Titik Nyala dan Titik Bakar Aspal	220 ⁰ dan 295 ⁰	≥232
Daktalitas 25 ⁰ C	152.50	≥100 cm

Berdasarkan hasil uji sifat – sifat agregat sesuai tabel 1 di atas, didapatkan secara keseluruhan hasil uji material agregat batu pecah 0,5 -1, dan 1 – 2 serta abu batu dan tabel 2 hasil pemeriksaan karakteristik aspal 60/70 sudah memenuhi dalam spesifikasi umum 2018 rev. 2.

b. Hasil Uji Marshall dengan Nilai KAO

Dari hasil marshall yang telah dilakukan dengan menggunakan Kadar Aspal rencana di dapatkan besar Kadar Aspal Optimum campuran AC – WC Sebesar 6 %, yang dimana inilah kadar aspal yang akan di gunakan dalam menguji variasi agregat kasar 90%;10%, 80%;20%,70%;30%,60%;40% 50%;50% terhadap berat total agregat 1 – 2 dalam campuran. Yang bertujuan untuk mendapatkan campuran yang terbaik dari komposisi penggunaan agregat kasar dalam campuran. Berikut hasil pengujian marshall test dengan menggunakan Kadar Aspal Optimum (KAO) ditunjukkan pada tabel 3 berikut:

Tabel 3 Nilai Karakteristik Campuran Aspal Beton dengan Variasi Agregat Kasar

Perbandingan Agregat (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	VIM (%)	VMA (%)	VFA (%)	DENSITY (kg/mm ³)	MQ (kg/mm)
90/10	1246.73	2.73	4.00	16.46	75.92	2.29	457.16
80/20	1275.30	2.53	3.94	16.41	76.13	2.29	504.58
70/30	1288.50	2.43	3.91	16.38	76.29	2.29	530.58
60/40	1229.59	3.00	4.10	16.55	75.45	2.29	410.23
50/50	1142.70	3.63	4.31	16.73	74.49	2.28	315.03

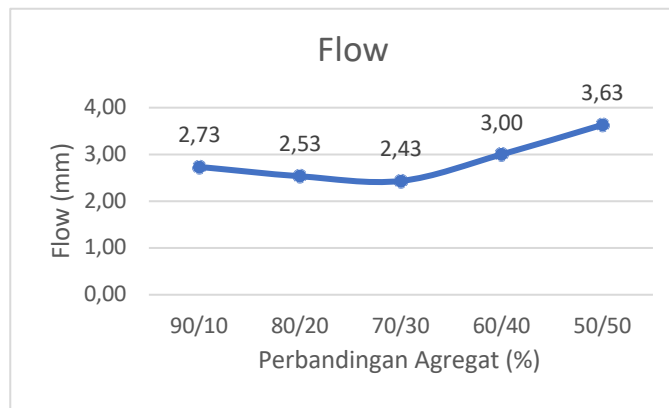
Pengaruh variasi agregat kasar terhadap karakteristik Laston selanjutnya tampak pada grafik di bawah ini :

a. Hubungan Presentase Agregat kasar 1-2 terhadap Stabilitas



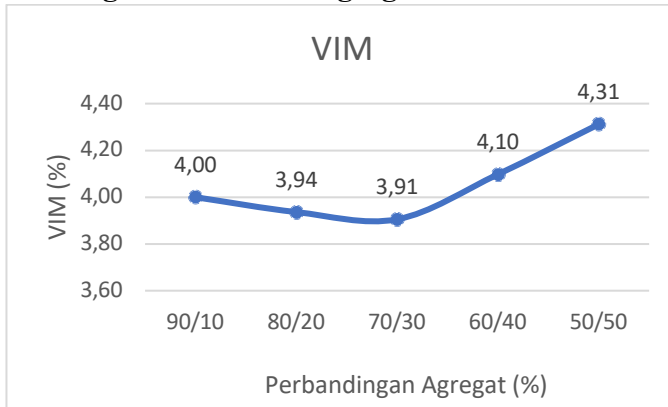
Stabilitas pada variasi ukuran butiran agregat kasar akan meningkat dengan turunnya perbandingan nilai variasi dari butiran agregat kasar ukuran 1- 2 terhadap agregat ukuran 0,5 – 1, semakin turun variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 – 1 meningkat nilai stabilitas semakin naik hal ini di sebabkan oleh mengecilnya rongga antar agregat sehingga agregat saling mengunci dan mengisi sehingga terikat yang menyebabkan kerapatan pada campuran semakin meningkat dan nilai stabilitas menjadi meningkat. Penurunan nilai stabilitas yang terjadi di sebabkan oleh proporsi agregat 0,5 – 1 semakin banyak menyebabkan ikatan antar butiran menjadi lemah dan akhirnya menurunkan nilai stabilitas.

b. Hubungan Presentase Agregat kasar 1-2 terhadap Flow



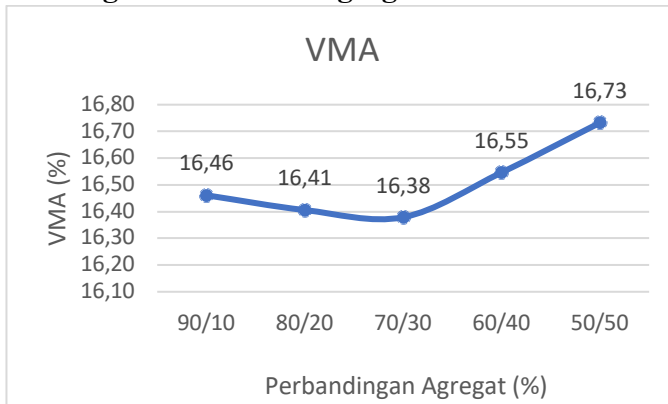
Kelelahan atau flow pada variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1 seperti yang terlihat pada grafik dimana presentase 90/10 sampai dengan 70/30 nilai flow mengalami penurunan ini sebabkan presentase agregat 1-2 berkurang dan agregat 0,5-1 bertambah menyebabkan deformasi yang terjadi menjadi kecil. Pada presentase 60/40 sampai 50/50 nilai flow meningkat berarti hubungna antara variasi ukuran butiran agregat 0,5 – 1 dengan agregat 1-2 menyebabkan besarnya deformasi atau perubahan bentuk akibat beban yang diterima seiring dengan penambahan presentase agregat kasar ukuran 0,5 – 1 dan berkurangnya presentase agregat kasar 1-2 dalam campuran.

c. Hubungan Presentase Agregat Kasar 1-2 terhadap VIM



Vim atau rongga dalam campuran pada variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dengan agregat kasar 0,5 – 1, Dimana pada saat presentase agregat 1 -2 menurun dari 90/10 sampai dengan 70/30 nilai Vim awalnya mengalami penurunan dari 4,00 menjadi 3,91 hal ini disebabkan karena pengaruh agregat kasar 1-2 yang berada pada campuran lebih banyak presentase di bandingkan agregat ukuran 0,5 – 1, sehingga rongga dalam campuran menjadi besar, dengan berkurang presentase agregat kasar 1 -2 dalam campuran menyebabkan rongga dalam campuran semakin berkurang dan saling terikat antara agregat dan aspal sehingga menyebabkan campuran aspal menjadi kuat. Pada presentase agregat kasar 60/40 dan 50/50 pada perbandingan agregat 1-2 dan agregat 0,5 -1 nilai VIM menjadi naik hal ini disebabkan karena presentase agregat 0,5 – 1 dalam campuran aspal sama dengan agregat 1 -2, yang menyebabkan campuran bersifat porus akibat dari ini campuran aspal menjadi semakin rapuh.

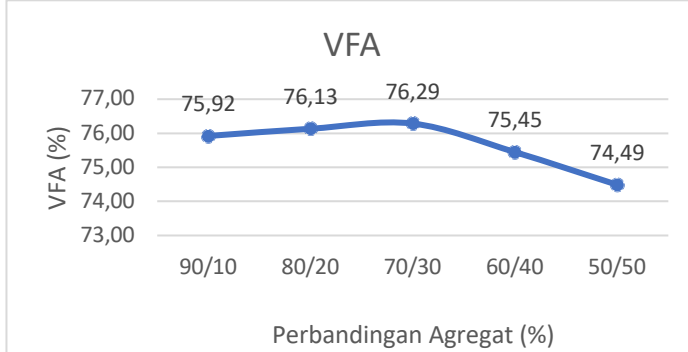
d. Hubungan Persentase Agregat kasar 1-2 terhadap VMA



VMA atau rongga antar butiran agregat, pada variasi ukuran butiran agregat kasar perbandingan agregat 1-2 dan agregat 0,5 -1 terlihat pada grafik pada persentase agregat 90/10 sampai 70/30 nilai VMA mengalami penurunan dari 16,46 – 16,38 hal ini karena gradasi agregat yang terjadi dengan persentase perbandingan 90/10 sampai 70/30 tersebar dengan baik dan saling mengisi sehingga rongga antar butiran kecil dan menjadi padat. Sedangkan pada perbandingan agregat 1 -2 dan agregat 0,5 -1 pada perbandingan komposisi agregat 60/40 sampai 50/50 nilai VMA meningkat akibat berkurangnya agregat

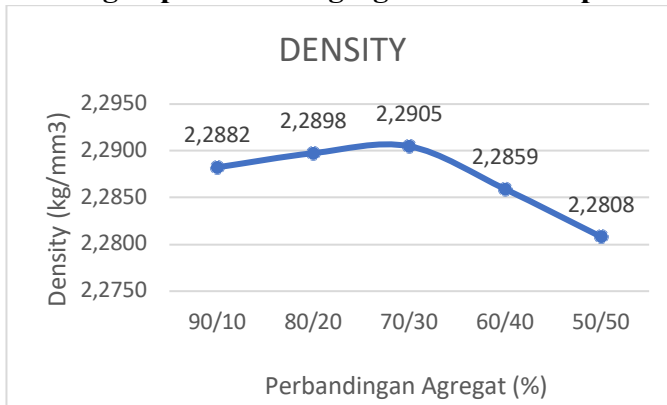
kasar 1-2 dalam campuran dan meningkatnya agregat 0,5 -1 yang menyebabkan terjadinya gradasi senjang dalam campuran.

e. Hubungan presentase agregat kasar 1-2 terhadap VFA



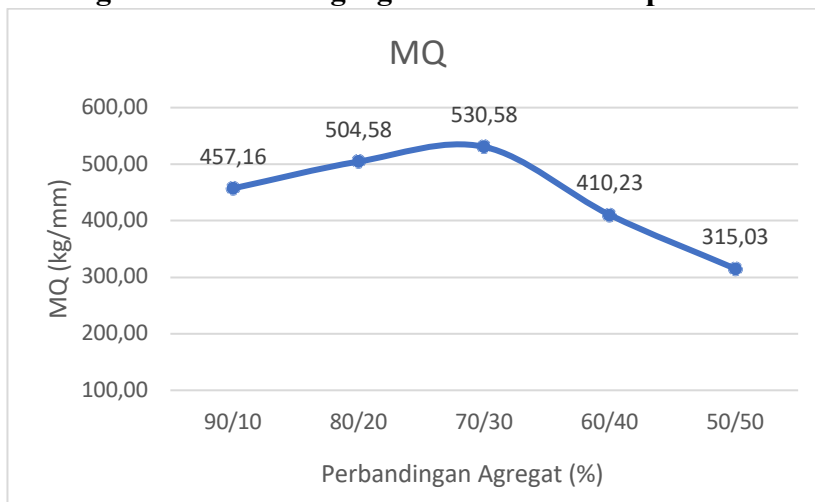
VFA atau rongga terisi aspal pada campuran, pada variasi ukuran butiran agregat kasar perbandingan agregat 1-2 dan agregat 0,5-1 terlihat pada grafik pada presentase agregat 90/10 sampai 70/30 nilai VFA naik ini menunjukkan bahwa semakin turun penggunaan agregat kasar 1-2 dan naiknya presentase penggunaan agregat 0,5 – 1 membuat campuran agregat terselimuti dengan baik oleh aspal, pada presentase agregat 60/40 dan 50/50 nilai VFA menjadi turun hal ini di sebabkan oleh bertambahnya penggunaan agregat 0,5 -1 yang jumlahnya sama dengan agregat 1-2 sehingga tidak semua agregat dapat terselimuti dengan baik oleh aspal.

f. Hubungan presentase agregat 1-2 terhadap Density



Density adalah nilai berat volume yang menunjukkan kepadatan dari campuran beton aspal. Pada variasi ukuran butiran agregat kasar perbandingan agrgat 1-2 dan agrgat 0,5 – 1 terlihat pada grafik pada presentase agregat 90/10 sampa 70/30 nilai density atau kepadatan meningkat hal ini menunjukkan bahwa tingkat kepadatan campuran aspal sangat baik karna nilai density yang awalnya 2,2882 menjadi 2,2905 yang menunjukkan terjadinya kepadatan. Tetapi pada presentase 60/40 sampai 50/50 nilai denstiy turun hal ini di sebabkan kepadatan pada aspal menjadi berkurang di karenakan agrgat 1 – 2 berkurang jumlahnya dalam campuran dan agregat 0,5 -1 meningkat dimana jumlah penggunaan sma dengan agregat 1-2 yang menyebabkan penguncian antara partikel tidak terjadi dengan baik.

g. Hubungan Persentase Agragt Kasar 1-2 tehadap nilai Marshall Quient



Marshall Quient adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban, nilai ini di peroleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah di korekso terhadap nilia kelelehan (flow). Pada variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1. terlihat pada grafik di atas bahwa pada persentase agregat 90/10 – 70/30 nilai marshall quient menjadi meningkat seiring dengan pengurangan agregat 1-2 dalam campuran dan agregat 0,5 -1 menjadi meningkat sehinggaterlihat bahwa aspal yang melekat dan terabsorsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran sehingga tahan terhadap beban deformasi. Pada presentase agregat 60/40 sampai 50/50 nilai marshall quient menjadi turun hal ini di sebabkan semakin berkurang agregat 1-2 dalam campuran dan agregat 0,5-1 meningkat sampai sama dengan agregat 1-2, hal ini disebabkan oleh aspal tidak dapat lagi melekat di permukaan agregat secara maksimal dan beban deformasinya semakin berkurang.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari variasi ukuran butiran agregat kasar dapat di tarik kesimpulan yaitu:

- Nilai stabilitas yang awalnya naik ketika agregat 1-2 dalam campuran berkurang dan agregat 0,5 -1 dalam campuran bertambah nilai stabilitas semakin meningkat, akan tetapi pada saat penambahan agregat 0,5 -1 meningkat dan sama dengan proporsi agregat 1-2 dalam campuran menyebabkan ikatan antar butiran menjadi lemah dan akhirnya menurunkan nilai stabilitas.
- Nilai Flow yang terjadi apabila variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1 dimana semakin berkurang nilai presentase agregat 1-2 dalam campuran dan agregat 0,5-1 bertambah menyebabkan nilai flow menjadi turun ini terlihat pada presentase 90/10 sampai dengan 70/30 sedangkan Pada presentase 60/40 sampai 50/50 nilai flow menyebabkan besarnya deformasi atau perubahan bentuk akibat beban yang diterima seiring dengan penambahan presentase agregat kasar ukuran 0,5 – 1 dan berkurangnya presentase agregat kasar 1-2 dalam campuran
- Nilai Vim pada variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dengan agregat kasar 0,5 – 1, Dimana pada saat presentase agregat 1 -2 menurun dari 90/10 sampai dengan 70/30 hal ini di sebabkan karna pengaruh agregat kasar 1-2 yang berada pada campuran lebih banyak

presentase di bandingkan agregat ukuran 0,5 – 1, sehingga rongga dalam campuran menjadi besar, dengan berkurang presentase agregat kasar 1 -2 dalam campuran menyebabkan rongga dalam campuran semakin berkurang dan saling terikat antara agregat dan aspal sehingga menyebabkan campuran aspal menjadi kuat. Pada presentase agregat kasar 60/40 dan 50/50 pada perbandingan agregat 1-2 dan agregat 0,5 -1 nilai VIM menjadi naik hal ini disebabkan karna presentase agregat 0,5 – 1 dalam campuran aspal sama dengan agregat 1 -2, yang menyebabkan campuran bersifat porus akibat dari ini campuran aspal menjadi semakin rapuh.

- Nilai VMA dari variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1 dimana ketika presentase 90/10 sampai 70/30 nilai VMA menjadi turun apabila presentase agregat tersebar dengan baik dan saling mengisi sehingga rongga antar butiran kecil dan menjadi padat. Sedangkan pada perbandingan agregat 1 -2 dan agregat 0,5 -1 pada perbandingan komposisi agregat 60/40 sampai 50/50 nilai VMA meningkat akibat berkurangnya agregat kasar 1-2 dalam campuran dan meningkatnya agregat 0,5 -1 yang menyebabkan terjadinya gradasi senjang dalam campuran.
- VFA pada variasi ukuran butiran agregat kasar perbandingan agregat 1-2 dan agregat 0,5-1 terlihat pada presentase agregat 90/10 sampai 70/30 nilai VFA naik ini menunjukkan bahwa semakin turun penggunaan agregat kasar 1-2 dan naiknya presentase penggunaan agregat 0,5 – 1 membuat campuran agregat terselimuti dengan baik oleh aspal, pada presentase agregat 60/40 dan 50/50 nilai VFA menjadi turun hal ini di sebabkan oleh bertambahnya penggunaan agregat 0,5 -1 yang jumlahnya sama dengan agregat 1-2 sehingga tidak semua agregat dapat terselimuti dengan baik oleh aspal.
- Density Pada variasi ukuran butiran agregat kasar perbandingan agrgat 1-2 dan agrgat 0,5 – 1 pada presentase agregat 90/10 sampa 70/30 nilai density atau kepadatan meningkat hal ini menunjukkan bahwa tingkat kepadatan campuran aspal sangat baik menunjukkan terjadinya kepadatan. Tetapi pada presentase 60/40 sampai 50/50 nilai denstiy turun hal ini di sebabkan kepadatan pada aspal menjadi berkurang di karenakan agrgat 1 – 2 berkurang jumlahnya dalam campuran dan agregat 0,5 -1 meningkat dimana jumlah penggunaan sma dengan agregat 1-2 yang menyebabkan penguncian antara partikel tidak terjadi dengan baik.
- Marshall Quotient Pada variasi ukuran butiran agregat kasar 1-2 dan agregat 0,5 -1 . pada persentase agregat 90/10 – 70/30 nilai marshall quotient menjadi meningkat seiring dengan pengurangan agregat 1-2 dalam campuran dan agregat 0,5 -1 bertambah dalam campuran sehingga terlihat bahwa aspal yang melekat dan terabsorsi kedalam agregat mampu memperkuat campuran sehingga tahan terhadap beban deformasi. Pada presentase agregat 60/40 sampai 50/50 nilai marshall quotient menjadi turun hal ini di sebabkan semakin berkurang agregat 1-2 dalam campuran dan agregat 0,5-1 meningkat sampai sama dengan agregat 1-2, hal ini disebabkan oleh aspal tidak dapat lagi melekat di permukaan agregat secara maksimal dan beban deformasinya semakin berkurang.

REFERENSI

1. AASHTO. 1982. Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and Testing, Part I: Specification.
2. Anonim. 2018. Spesifikasi Umum 2018 rev 2. Kementerian Pekerjaan Umum. Jakarta
3. Ibrahim, Zulfadli. Lambang Basri Said., dan Andi Alifuddin. 2021. Analis Possion Ratio dan Ketahanan Deformasi Campuran AC-WC Subtitusi Pasir Silika. Jurnal Macca. Universitas

Analisis Pengaruh Variasi Ukuran Butiran Agregat Kasar Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton

Muslim Indonesia.

4. Said, L. B., & Alifuddin, A. (2020). Konsep Design Mix Formula (DMF) Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Mengacu Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Terhadap Sifat – Sifat (ITS) dan Deformasi. Bagaimana karakteristik campuran beraspal. 5(2), 141–152.
 5. Yefta, Onibala. Dkk, (2023). Pengaruh Variasi Ukuran Butiran Agregat Terhadap Nilai Karakteristik Aspal Beton (AC-BC). <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/tekno>
 6. Ramlan. (2016). Variasi Komposisi Gradasi Batuan Terhadap Karakteristik Beton Aspal Dengan Uji Marshall. Jurnal Ilmiah Ilmu – ilmu Teknik. Vol 1. 1-12
-



This work is licensed under a
Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License