

KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPAL EMULSI DINGIN DENGAN VARIASI GRADASI AGREGAT BATAS ATAS HINGGA BATAS TENGAH

Garry Geraldo Santoso¹, Raynaldo Arfandy², Paravita Sri Wulandari³, Harry Patmadjaja⁴

ABSTRAK : Penggunaan aspal panas yang saat ini banyak digunakan dapat menimbulkan berbagai masalah polusi, sehingga perlunya pengganti aspal yang lebih ramah lingkungan seperti aspal emulsi. Tujuan penelitian adalah untuk menguji karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) dengan variasi gradasi agregat dari batas atas hingga batas tengah. Agregat yang digunakan berasal dari kota Jember. Benda uji pada penelitian ini merupakan Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) Tipe IV. Aspal yang digunakan adalah CSS-1h (Cationic Slow Setting – 1 hard). Pembuatan campuran aspal emulsi dingin dibuat sesuai Job Mix Formula untuk masing-masing batas dengan penggunaan aspal sebesar (KAE-1%, KAE-0.5%, KAE±0%, KAE+0.5%, KAE+1%) untuk mendapatkan KARO pada masing-masing batas. Kemudian, dibuat sampel masing-masing batas atas hingga batas tengah, lalu dilakukan uji Marshall untuk mengetahui karakteristik pada gradasi batas atas hingga batas tengah. KARO (Kadar Aspal Residual Optimum) untuk masing-masing gradasi agregat dari batas atas hingga batas tengah berturut-turut adalah 12.6%, 11.3%, 10.1%. Hasil perbandingan menunjukkan bahwa gradasi agregat batas atas dan batas rata atas tidak memenuhi spesifikasi porositas (VIM), dengan nilai dari batas atas hingga batas tengah berturut-turut 2.7%, 4.61%, 8.75% dan nilai stabilitas berturut-turut 490.14 kg, 380.64 kg, 436.03 kg, sehingga gradasi batas tengah lebih baik daripada gradasi batas atas dan batas rata atas karena memenuhi semua spesifikasi yang ada.

KATA KUNCI : Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED), gradasi agregat, agregat lokal.

1. PENDAHULUAN

Transportasi digunakan untuk memudahkan manusia dalam melakukan aktivitas sehari – hari. Transportasi dapat meningkatkan aksesibilitas dan kesejahteraan masyarakat. Sarana transportasi yang paling umum adalah transportasi darat. Transportasi darat sangat erat kaitannya dengan penggunaan aspal. Lapis permukaan yang umum digunakan sampai saat ini adalah Campuran Aspal Panas (CAP). Penggunaan aspal panas sendiri memiliki efek polusi lingkungan serta menimbulkan efek rumah kaca (Infraprojects, 2018). Aspal emulsi mempunyai tingkat viskositas yang rendah, sehingga tidak perlu dipanaskan dan tidak menimbulkan polusi, hemat biaya dan waktu (Techno konstruksi, 2010).

Sedikitnya penelitian tentang koefisien kekuatan relatif dari campuran aspal emulsi dingin (CAED) menimbulkan dampak ketidaklaziman penggunaan aspal emulsi pada perencanaan lapisan perkerasan di Indonesia. Untuk saat ini, belum ada metode yang pasti mengenai pembuatan campuran aspal emulsi dingin (Thanaya, 2007). Dan juga karakteristik agregat juga memiliki pengaruh besar terhadap kekuatan struktur perkerasan jalan (Apriyanto, 2018). Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang aspal emulsi

¹ Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415181@john.petra.ac.id

² Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra, m21415216@john.petra.ac.id

³ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. paravita@petra.ac.id

⁴ Dosen Program Studi Teknik Sipil Universitas Kristen Petra. harryp@petra.ac.id

Aspal emulsi berwujud cair dengan warna coklat kehitaman, termasuk tipe emulsi minyak yang dilakukan di dalam air di mana bitumen terdispersi dalam air. Tipe seperti ini dikenal sebagai *direct emulsion*. Agar terjadi emulsi diperlukan suatu bahan pengemulsi atau *emulsifier*. *Emulsifier* inilah yang mempengaruhi muatan listrik aspal emulsi. sehingga untuk aspal emulsi kationik jenis *emulsifier*-nya adalah kationik.

3. METODOLOGI

Tahapan penelitian yang dilakukan adalah studi literatur, persiapan bahan yang terdiri atas agregat dan aspal emulsi CSS-1h. Agregat yang diuji diambil dari kota Jember. Aspal emulsi CSS-1h diambil dari PT. Bangun Olah Bitumen. Pembuatan campuran aspal emulsi dingin dibuat sesuai *Job Mix Formula* untuk masing-masing batas dengan penggunaan aspal sebesar (KAE-1%, KAE-0.5%, KAE±0%, KAE+0.5%, KAE+1%) untuk mendapatkan KARO pada masing-masing batas. Setelah KARO didapatkan, dibuat sampel masing-masing batas atas, batas rata atas dan batas tengah, kemudian dilakukan uji *Marshall* untuk mengetahui karakteristik pada gradasi batas atas hingga batas tengah.

4. HASIL PENELITIAN

Penentuan Kadar Residu Aspal Emulsi

Berdasarkan kebutuhan agregat pada masing-masing batas, didapatkan berat agregat tertahan yang dibutuhkan pada masing-masing batas dan ayakan. Selanjutnya dari berat tertahan pada ayakan No. 8 dan No. 200 didapatkan nilai A, B, C yang kemudian dimasukkan ke dalam rumus sehingga didapatkan nilai kadar residu awal.

Tabel 1 Gradasi Agregat Batas Tengah untuk Kadar Aspal Residu Awal

Saringan		Berat yang Tertahan(gram)	Persentase Tertahan(%)	Notasi
Inch	mm			
No. 8	2.36	720	60	A
No. 200	0.075	414	34.5	B
Dasar	0	66	5.5	C
TOTAL		1200	100	

Tabel 1 adalah rincian Presentase Agregat Tertahan pada saringan no 8, 200, dan dasar untuk Gradasi Agregat Batas Tengah. Rincian di atas digunakan untuk mencari Kadar Aspal Residu Awal.

Tabel 2 Gradasi Agregat Batas Rata Atas untuk Kadar Aspal Residu Awal

Saringan		Berat yang Tertahan(gram)	Persentase Tertahan(%)	Notasi
Inch	mm			
No. 8	2.36	630	52.5	A
No. 200	0.075	483	40.25	B
Dasar	0	87	7.25	C
TOTAL		1200	100	

Tabel 2 adalah rincian Presentase Agregat Tertahan pada saringan no 8, 200, dan dasar untuk Gradasi Agregat Batas Rata Atas. Rincian di atas digunakan untuk mencari Kadar Aspal Residu Awal.

Tabel 3 Gradasi Agregat Batas Atas untuk Kadar Aspal Residu Awal

Saringan		Berat yang Tertahan(gram)	Persentase Tertahan(%)	Notasi
Inch	mm			
No. 8	2.36	540	45	A
No. 200	0.075	552	46	B
Dasar	0	108	9	C
TOTAL		1200	100	

Tabel 3 adalah rincian Presentase Agregat Tertahan pada saringan no 8, 200, dan dasar untuk Gradasi Agregat Batas Rata Atas. Rincian di atas digunakan untuk mencari Kadar Aspal Residu Awal.

Kadar Residu Aspal Batas Tengah

$$\begin{aligned}
 P &= [0.05 (A) + 0.1 (B) + 0.5 (C)] \times 0.7 \\
 &= [(0.05 \times 60) + (0.1 \times 34.5) + (0.5 \times 5.5)] \times 0.7 \\
 P &= 6.44\%
 \end{aligned}$$

Kadar Residu Aspal Batas Rata Atas

$$\begin{aligned}
 P &= [0.05 (A) + 0.1 (B) + 0.5 (C)] \times 0.7 \\
 &= [(0.05 \times 52.5) + (0.1 \times 40.25) + (0.5 \times 7.25)] \times 0.7 \\
 P &= 7.19\%
 \end{aligned}$$

Kadar Residu Aspal Batas Tengah

$$\begin{aligned}
 P &= [0.05 (A) + 0.1 (B) + 0.5 (C)] \times 0.7 \\
 &= [(0.05 \times 45) + (0.1 \times 46) + (0.5 \times 9)] \times 0.7 \\
 P &= 7.95\%
 \end{aligned}$$

Pada penelitian ini, aspal emulsi yang diambil jenis *Cationic Slow Setting-1 Hard* (CSS-1H) yang berasal dari PT. Bangun Olah Bitumen, dimana kadar residunya sebesar 60.77 %. Kemudian data- data tersebut dapat dihitung untuk mencari Kadar Aspal Emulsi (KAE).

$$\begin{aligned}
 \text{KAE awal batas tengah terhadap berat total campuran} &= (P/X) \% \\
 &= (6.44/60.77) \times 100 \% \\
 &= 10.597 \% \approx 10.6\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KAE awal batas rata atas terhadap berat total campuran} &= (P/X) \% \\
 &= (7.19/60.77) \times 100 \% \\
 &= 11.831 \% \approx 11.8 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KAE awal batas atas terhadap berat total campuran} &= (P/X) \% \\
 &= (7.95/60.77) \times 100 \% \\
 &= 13.082\% \approx 13.1\%
 \end{aligned}$$

Penentuan Kadar Aspal Residu Optimum (KARO)

Tabel berikut merupakan perbandingan hasil spesifikasi dengan Kadar Aspal Residu yang berbeda. Dari kelima Kadar Aspal Residu tersebut diambil satu kadar aspal terbaik sebagai KARO

Batas Atas

Tabel 4 Nilai Karakteristik CAED untuk Menentukan KARO Batas Atas

No.	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal Residu (%)					Spesifikasi
		14.1	13.6	13.1	12.6	12.1	
1	Stabilitas Rendaman rata-rata (kg)	365.18	431.76	385.35	522.50	516.16	> 300 kg
2	Porositas (VIM) rata-rata (%)	3.84	2.88	5.50	4.70	3.18	5%-10%
3	Penyerapan Air rata-rata (%)	1.91	2.03	1.98	2.11	1.98	Maksimum 4%
4	Tebal Film Aspal rata-rata (μm)	15.80	14.78	13.78	12.78	11.80	>8 μm

Untuk nilai stabilitas rendaman, penyerapan air dan tebal film aspal rata-rata semua kadar aspal pada **Tabel 4** memenuhi spesifikasi. Dan pada kadar aspal sebesar 12.6% memiliki nilai stabilitas tertinggi. Sehingga dipilihlah kadar aspal 12.6% sebagai KARO batas atas.

Batas Rata Atas

Tabel 5 Nilai Karakteristik CAED untuk Menentukan KARO Batas Rata Atas

No.	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal Residu (%)					Spesifikasi
		12.8	12.3	11.8	11.3	10.8	
1	Stabilitas Rendaman rata-rata (kg)	520.32	405.59	480.77	565.95	737.50	> 300 kg
2	Porositas (VIM) rata-rata (%)	4.14	4.35	4.64	5.21	4.06	5%-10%
3	Penyerapan Air (%)	2.40	1.94	1.77	2.08	2.46	Maks 4%
4	Tebal Film Aspal rata-rata (μm)	17.99	16.79	15.61	14.43	13.27	>8 μm

Untuk nilai stabilitas rendaman, penyerapan air dan tebal film aspal rata-rata semua kadar aspal pada **Tabel 5** memenuhi spesifikasi. Sedangkan untuk nilai porositas hanya kadar aspal sebesar 11.3% yang memenuhi spesifikasi. Sehingga dipilihlah kadar aspal 11.3% sebagai KARO batas atas.

Batas Tengah

Tabel 6 Nilai Karakteristik CAED untuk Menentukan KARO Batas Tengah

No.	Karakteristik Campuran	Kadar Aspal Residu (%)					Spesifikasi
		11.6	11.1	10.6	10.1	9.6	
1	Stabilitas Rendaman rata-rata (kg)	419.76	442.48	439.65	574.58	496.31	> 300 kg
3	Porositas (VIM) rata-rata (%)	6.60	7.22	7.68	9.28	8.95	5%-10%
6	Penyerapan Air (%)	1.89	2.19	1.39	1.54	1.76	Maks 4%
8	Tebal Film Aspal rata-rata (μm)	20.89	19.43	17.99	16.56	15.15	>8 μm

Untuk nilai stabilitas rendaman, VIM, penyerapan air dan tebal film aspal rata-rata semua kadar aspal pada **Tabel 6** memenuhi spesifikasi. Sehingga dipilihlah kadar aspal 10.1% sebagai KARO batas tengah karena memiliki stabilitas yang paling tinggi.

Penentuan Karakteristik Gradasi Agregat

Tabel 7 Nilai Karakteristik untuk Masing-Masing Batas

No.	Karakteristik Campuran	Batas			Spesifikasi
		Tengah	Rata Atas	Atas	
1	KARO (%)	10.1	11.3	12.6	-
2	Stabilitas Rendaman rata-rata (kg)	436.03	380.64	490.14	> 300 kg
3	Stabilitas Kering rata-rata (kg)	354.45	466.64	645.18	-
4	Stabilitas Sisa rata-rata (%)	123.02	81.57	75.97	> 50%
5	Flow rata-rata (mm)	5.0	5.33	4.49	-
6	Porositas (VIM) rata-rata (%)	8.75	4.61	2.70	5%-10%
7	VMA rata-rata (%)	24.53	23.36	22.68	-
8	VFB rata-rata (%)	64.59	80.25	88.08	-
9	Penyerapan Air rata-rata (%)	1.87	1.70	1.98	Maksimum 4%
10	Densitas rata-rata (gr/cm ³)	2.12	2.22	2.26	-
11	Tebal Film Aspal rata-rata (µm)	11.40	12.18	12.78	>8µm

Bagi angka yang diberi kotak hitam, adalah faktor yang tidak memenuhi spesifikasi

KARO pada Masing-Masing Batas

KARO pada **Tabel 7** meningkat seiring batas menuju batas atas. Hal ini dikarenakan semakin menuju batas atas semakin banyak agregat kecil yang dibutuhkan, yang mengakibatkan luas permukaan agregat yang harus diselimuti oleh aspal semakin besar.

Stabilitas

Nilai stabilitas kering nilai stabilitas pada **Tabel 7** meningkat seiring dengan gradasi mendekati gradasi batas atas. Nilai stabilitas rendaman ketiga gradasi agregat sudah sesuai dengan spesifikasi (>300kg) namun nilai ketiga gradasi agregat tidak memiliki *trendline* khusus. Hal ini bisa terjadi karena stabilitas dapat dipengaruhi oleh nilai VIM dan ukuran agregat, semakin kecil nilai VIM semakin besar nilai stabilitas dan semakin banyak agregat kasar yang digunakan juga akan meningkatkan stabilitas. Untuk batas tengah hingga batas atas berturut-turut memiliki penurunan nilai VIM dan juga penurunan penggunaan agregat kasar.

Flow

Nilai flow pada **Tabel 7** memiliki nilai yang tidak berurutan antar gradasi batas atas, batas rata atas dan batas tengah. Hal ini disebabkan nilai flow dipengaruhi oleh banyaknya penggunaan batuan kecil dan aspal. Penggunaan agregat halus berhubungan dengan nilai VIM dan semakin kecil VIM menyebabkan berkurangnya kelenturan campuran aspal tersebut dan menurunkan nilai flow. Penggunaan aspal yang semakin banyak akan menyebabkan campuran semakin plastis dan menyebabkan nilai flow naik. Dan gradasi agregat batas tengah hingga batas atas memiliki nilai VIM semakin kecil dan KARO semakin meningkat. Nilai *flow* pada CAED tidak memiliki batas minimum maupun batas maksimum. Namun apabila mengacu pada syarat campuran aspal panas nilai flow harus berada diantara 2 mm dan 4 mm.

Dan nilai untuk semua gradasi agregat tidak memenuhi syarat maka nilai terbaik yang mendekati adalah gradasi atas yakni sebesar 4.49 mm.

Void In Mixture (VIM)

Batas yang memenuhi spesifikasi pada **Tabel 7** hanya batas tengah sebesar 8.75%. Hal ini dikarenakan semakin mendekati batas atas, agregat yang digunakan semakin halus. Sedangkan agregat halus ini sangat memungkinkan mengisi *void* pada campuran aspal emulsi dingin. Sehingga nilai VIM akan semakin menurun seiring dengan gradasi mendekati gradasi batas atas dan sebaliknya.

Void in Mineral Aggregate (VMA)

VMA adalah volume rongga yang terdapat di antara butir-butir agregat yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya adalah rongga udara dan rongga yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam % terhadap volume total benda uji. Apabila nilai VMA rendah, berarti jumlah aspal yang terisi dalam campuran tidak mempunyai ruang yang cukup untuk melapisi seluruh permukaan masing-masing partikel agregat. Sedangkan, jika nilai VMA tinggi, maka akan membuat nilai stabilitas perkerasan menurun. VMA pada CAED tidak memiliki spesifikasi nilai minimum dan maksimum yang harus dipenuhi. Meningkatkan stabilitas dan VMA agar VFB dan VIM bertambah dengan menambahkan lebih banyak agregat kasar dan mengurangi agregat dengan fraksi lolos no. 200 (0.075 mm) (Awaludin, 2008). Dari **Tabel 7** di atas gradasi batas atas memiliki nilai terbaik sebesar 22.68%. Hal ini terbukti dari nilai stabilitas gradasi batas atas yang memiliki nilai tertinggi.

Void Filled with Bitumen (VFB)

VFB adalah bagian dari rongga di antara agregat yang terisi oleh kandung aspal efektif, dinyatakan dalam persen. Semakin banyak kadar aspal yang ditambahkan nilai VFB juga mengalami kenaikan. Dari **Tabel 7** di atas gradasi batas atas memiliki nilai terbaik (tertinggi) sebesar 88.08%.

Penyerapan Air

Tabel 7 menunjukkan bahwa semua gradasi agregat memenuhi spesifikasi yang ditetapkan. Nilai penyerapan air memiliki batas maksimum sebesar 4%.

Densitas Total

Tidak ada spesifikasi yang mengatur nilai densitas CAED. Nilai densitas untuk masing-masing kadar aspal residu terlihat pada **Tabel 7**. Apabila mengacu pada peraturan aspal panas menurut departemen pembangunan umum nilai densitas memiliki nilai minimum sebesar 2 gr/cm³. Semua nilai memenuhi spesifikasi dan menurut Febrianti dan Safriani (2016) nilai *Density* meningkat seiring dengan peningkatan kadar aspal.

Tebal Film Aspal (TFA)

Berdasarkan spesifikasi, TFA memiliki batas minimum sebesar 8 µm dan untuk semua gradasi agregat memenuhi batasan minimum tersebut. Dengan bertambahnya kadar aspal residu, maka nilai dari tebal film aspal juga bertambah.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dengan material agregat dari Jember yang menggunakan Campuran Emulsi Bergradasi Rapat (CEBR) tipe IV, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Nilai Kadar Aspal Residu Optimum (KARO) batas tengah sampai batas atas berturut-turut sebesar 10.1%, batas rata atas sebesar 11.3%, dan batas atas 12.6%.
2. Gradasi agregat batas tengah memenuhi semua spesifikasi yang telah ditentukan. Namun gradasi batas rata atas dan batas atas memenuhi spesifikasi kecuali porositas (VIM). Dimana porositas (VIM) dan stabilitas menjadi parameter utama. Untuk parameter stabilitas mengalami peningkatan seiring dengan gradasi menuju batas atas. Hal ini diikuti dengan menurunnya nilai VIM.

6. DAFTAR REFERENSI

- Apriyanto, Yamali, F. R. (2018). Pengaruh Variasi Material yang Bergradasi Senjang pada Campuran Aspal Panas. *Jurnal Talenta Sipil*. 1(2):50-57.
- Awaludin, J. (2008). *Komparasi Campuran Laston AC – WC dengan Bahan Pengikat Aspal Sheel 60/70 dan Aspal Pertamina 60/70 dengan Cara PRD*. Skripsi. Semarang : Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga. (2018). *Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur*. Surabaya: Pemerintah Provinsi Jawa Timur.
- G R Infraprojects MCB Factory. (2018). *Cold Mix Technology with Bitumen is Getting Popular in India*. Retrieved from <https://medium.com/@metalcashbarrier/cold-mix-technology-with-bitumen-emulsion-is-getting-popular-in-india-600257af7094>
- Safriani M., Febrianti D. (2016). Analisis Pengaruh Penggunaan Abu Sabut Kelapa sebagai *Filler* pada Campuran Aspal Retona Blend 55. *Jurnal Teknik Sipil dan Teknologi Konstruksi*. 2(2):69-78.
- Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga (2018). *Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur, Indonesia..*
- Techno Konstruksi. (2010). *Teknologi Aspal Emulsi untuk Menunjang Preservasi Jalan*. *Techno Konstruksi*, 54–57, Jakarta.
- Thanaya, I N.A. (2007). Review and Recommendation of Cold Asphalt Emulsion Mixtures (CAEMs) Design. *Journal of Civil Engineering Science and Application: Civil Engineering Dimension*. 9(1):49-55.
- Thanaya, I N.A. (2003). Utilization of Sustainable Materials in Cold Asphalt Emulsion Mixture for Lightly Trafficked Road. *The 6th International Student Conference at Ibaraki University ISCIU6*.