

STUDI KOMPARASI PENGARUH VARIASI PENGUNAAN NILAI KONSTANTA ASPAL RENCANA TERHADAP NILAI STABILITAS PADA CAMPURAN ASPAL BETON (HRS-WC) TERHADAP KARAKTERISTIK UJI MARSHALL

Agus Fanani Setya Budi¹, Ferdinan Nikson Liem²,
Koikal Alokabel³, Fanny Toelle⁴

Abstract :

Jalan raya merupakan salah satu prasarana yang sangat penting dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat karena jalan raya berfungsi menghubungkan sumber-sumber produksi serta berperan memperlancarkan mobilisasi dan arus transportasi darat pada daerah-daerah sekitarnya yang dapat mempermudah atau mempercepat perkembangan pembangunan baik itu infrastruktur maupun ekonomi suatu daerah. Agar jalan dapat berperan secara optimal, maka jalan harus berada pada keadaan baik, harus memenuhi kriteria konstruksi perkerasan yaitu tidak mudah aus, dan tidak terjadinya perubahan bentuk (*Deformasi*), sehingga dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan.

Struktur lapis perkerasan jalan yang sekarang banyak digunakan adalah struktur lapis perkerasan lentur dengan campuran aspal panas yang disebut *Hot Mix*, salah satu jenis campuran aspal panas yang digunakan adalah *Lataston* atau yang lebih di kenal dengan *HRS (Hot Rolled Sheet)*, yang didesain untuk volume lalu-lintas ringan sampai berat. Perencanaan campuran aspal antara agregat kasar, agregat halus, filler (abu batu) dan aspal, di rancang sesuai dengan spesifikasi umum sehingga mendapatkan mutu yang diinginkan, dalam hal ini kedap air (*Impermeability*) dan mempunyai ketahanan terhadap gaya geser maupun menerima beban lalu-lintas. Untuk mendapatkan campuran aspal dengan karakteristik yang baik maka terlebih dahulu dibuat formula campuran kerja atau yang lebih dikenal dengan *Mix Formula*. Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan *Bagaimana pengaruh penggunaan nilai konstanta aspal rencana terhadap stabilitas pada campuran Lataston (HRS-WC)*. Tujuannya adalah untuk mengetahui konstanta yang ideal terhadap stabilitas pada campuran *Lataston (HRS-WC)*. Maanfaatnya dapat dijadikan sebagai bahan referensi *Mix Design Campuran Lataston (HRS-WC)* dan dapat mengetahui nilai konstanta yang baik untuk kadar aspal rencana dalam campuran *Lataston (HRS-WC)* dengan material dari *Quarry Sumlili Kabupaten Kupang*. Dari hasil pengujian *Marshall* menunjukkan semakin besar nilai konstanta pada aspal rencana maka kadar aspal yang digunakan semakin besar. Dimana semakin besar kadar aspal yang digunakan dalam campuran mengakibatkan nilai stabilitas dan *flow* naik. Angka pendekatan yang dapat digunakan dalam campuran *Lataston* baik dari nilai 2-3 yang ideal yaitu 2, dikarenakan parameter atau sifat – sifat campuran pada konstanta 2 saling terkait atau berhubungan dimana parameter (*VIM, VMA, VFA dan VIM_{PRD}*) dapat menentukan nilai kadar aspal optimum (*KAO*).

Kata Kunci : *Lataston, Marshall.*



PENDAHULUAN

Jalan raya merupakan salah satu prasarana yang sangat penting dan sangat dibutuhkan oleh masyarakat karena jalan raya berfungsi menghubungkan sumber-sumber produksi serta berperan memperlancarkan mobilisasi dan arus transportasi darat pada daerah-daerah sekitarnya yang dapat mempermudah atau mempercepat perkembangan pembangunan baik itu infrastruktur maupun ekonomi suatu daerah sekaligus dapat memenuhi kebutuhan masyarakat, oleh karena itu jalan raya hendaknya dapat berperan secara optimal baik dalam layanan lalu-lintasnya tapi juga harus dapat memberikan keamanan dan kenyamanan bagi pengguna sarana jalan tersebut. Agar jalan dapat berperan secara optimal, maka jalan harus berada pada keadaan baik dalam arti harus memenuhi kriteria konstruksi perkerasan yaitu tidak mudah aus, dan tidak terjadinya perubahan bentuk (deformasi), sehingga dapat memberikan rasa aman dan nyaman kepada pemakai jalan. Kondisi perkerasan jalan terutama lapis perkerasan yang ada saat ini banyak mengalami kerusakan sebelum mencapai umur rencana jalan tersebut, kerusakan disebabkan oleh pembebanan yang terjadi berlebihan (over load), banyaknya arus kendaraan yang lewat (repetisi beban) sebagai akibat pertumbuhan kendaraan yang cepat, fungsi drainase yang kurang baik, mutu material dan pelaksanaan di lapangan (AASTHO, 1993).

Struktur lapis perkerasan jalan yang sekarang banyak digunakan adalah struktur lapis perkerasan lentur dengan campuran aspal panas yang disebut *Hot Mix*, salah satu jenis campuran aspal panas yang digunakan adalah *LATASTON* (lapisan tipis aspal beton) atau yang lebih dikenal dengan HRS (*Hot Rolled Sheet*). Lapisan *LATASTON* terdiri atas dua jenis lapisan yaitu : HRS lapis aus (HRS-Wearing course) dan HRS pondasi (HRS-Base) yang didesain untuk volume lalu-lintas ringan sampai berat. Perencanaan campuran aspal antara agregat kasar, agregat halus, filler (abu batu) dan aspal, di rancang sesuai dengan spesifikasi umum sehingga mendapatkan mutu yang diinginkan,

dalam hal ini kedap air (*Impermeability*) dan mempunyai ketahanan terhadap gaya geser maupun menerima beban lalu-lintas.

Untuk mendapatkan campuran aspal dengan karakteristik yang baik maka terlebih dahulu dibuat formula campuran kerja atau yang lebih dikenal dengan *Mix Formula*. Pembuatan campuran kerja dilakukan beberapa tahapan dimulai dari pengujian bahan, gradasi serta menentukan kadar aspal tengah atau ideal dari rentang kadar aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah atau ideal dapat ditentukan dengan menggunakan rumus yang dikenal dengan perkiraan kadar aspal rencana (Pb). Dalam rumus kadar aspal rencana terdapat nilai konstanta yang merupakan angka pendekatan untuk kadar aspal perkiraan yang telah ditetapkan sesuai jenis campuran yang mau dipakai dalam konstruksi, sehingga dalam penentuan kadar aspal rencana banyak perencana mengambil nilai konstanta dari angka pendekatan yang telah ditetapkan berdasarkan jenis campuran yang dipakai dalam pekerjaan.

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut : Bagaimana pengaruh penggunaan nilai konstanta aspal rencana terhadap stabilitas pada campuran *LATASTON* (HRS-WC) ?

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui konstanta yang ideal terhadap stabilitas pada campuran *LATASTON* (HRS-WC).

Manfaat dari penelitian ini adalah:

Dapat dijadikan sebagai bahan referensi *Mix Design* Campuran *Lataston* (HRS-WC) dan dapat mengetahui nilai konstanta yang baik untuk kadar aspal rencana dalam campuran *Lataston* (HRS-WC) dengan material dari Quarry Sumlili.

METODE PENELITIAN

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif, dimana dalam penelitian ini kesimpulan yang diambil berdasarkan hasil perhitungan atau pengelolaan data yang diperoleh dari pengujian di laboratorium dengan menggunakan alat Marshall.

Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian ini adalah pada Laboratorium Pengujian Bahan Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Kupang.

Lokasi pengambilan material di Quarry Sumlili milik PT. Alam Indah Cendana Lestari.

Pengumpulan Data

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah:

a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh dari hasil pengujian yang meliputi :

1. Untuk agregat kasar dan agregat sedang, data yang dikumpulkan adalah data pemeriksaan gradasi, data pemeriksaan berat jenis, data pemeriksaan keausan dengan alat Los Angeles (LA) dan data kelekatan agregat terhadap aspal.
2. Untuk agregat halus dan filler, data yang dikumpulkan adalah data pemeriksaan gradasi dan data pemeriksaan berat jenis.
3. Untuk aspal data yang dikumpulkan adalah data pemeriksaan penetrasi, titik lembek, berat jenis dan daktilitas.

b. Data Sekunder

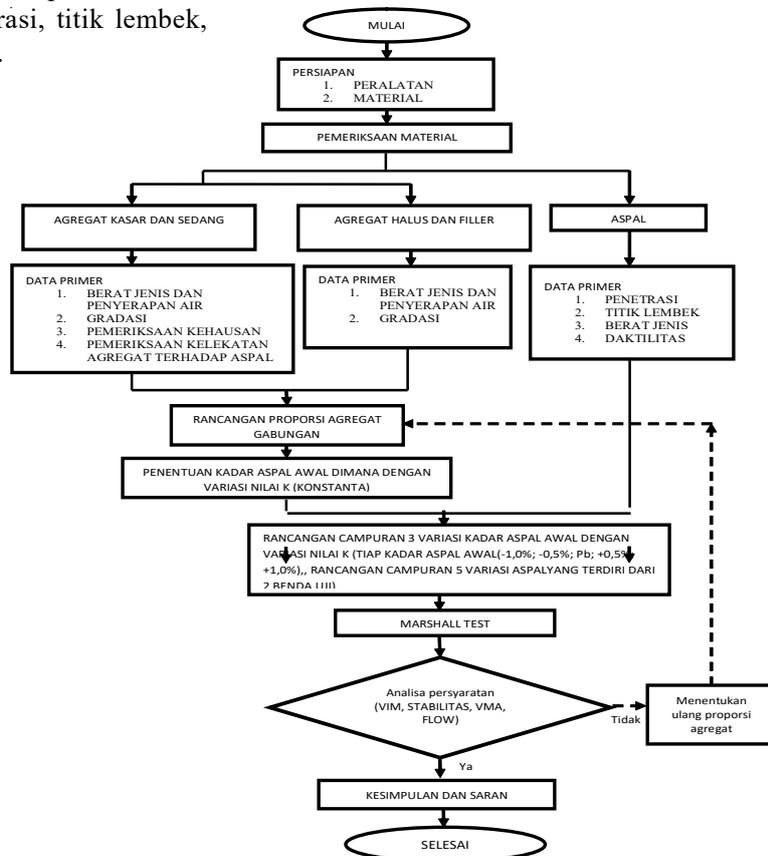
Berupa data hasil studi literatur.

Cara Pengumpulan Data

Material yang diambil dari Quarry yaitu agregat kasar, sedang, halus, filler, dan aspal kemudian diperiksa dilaboratorium. Maksud dari pemeriksaan ini adalah agar memperoleh data yang akan digunakan sebagai bahan acuan dan pegangan dalam perencanaan HRS (Hot Roller Sheed).

Pengujian dengan alat marshall untuk menentukan ketahanan (*Stabilitas*) dan kelelahan plastis (*Flow*). Ketahanan (*Stabilitas*) adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kg, sedangkan kelelahan plastis (*Flow*) adalah besar perubahan bentuk plastis suatu benda uji campuran akibat adanya beban yang bekerja sampai batas keruntuhan yang dinyatakan dalam mm.

Diagram Alir Penelitian





ANALISA DAN PEMBAHASAN

1. Pemeriksaan Berat Jenis

Besarnya berat jenis agregat sangat penting dalam perancangan, dimana angka penyerapan digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang terserap kedalam pori agregat, dimana angka tersebut juga dapat menentukan penggunaan kadar aspal.

2. Pemeriksaan Abrasi Agregat Kasar

Pemeriksaan Abrasi Agregat Kasar bertujuan untuk menentukan ketahanan agregat kasar

terhadap keausan/ abrasi, dan pengujian ini menggunakan mesin Los Angeles, persentasi Abrasi didapat dari berat awal kurang berat tertahan saringan no.12 di bagi dengan berat awal dikali 100%.

3. Pemeriksaan Analisa Saringan

Pemeriksaan analisa saringan atau gradasi ini dilakukan untuk menentukan pembagian ukuran agregat, pemeriksaan gradasi agregat sangatlah mempengaruhi besarnya rongga antar butir untuk mengetahui stabilitas dan kemudahan dalam proses pelaksanaan.

Tabel 1. Rangkuman Hasil Pengujian Agregat (Batu Pecah $\frac{3}{4}$, Batu Pecah $\frac{1}{2}$, Abu Batu, dan Pasir)

No.	Sifat – sifat	Satuan	Hasil				Spesifikasi	Keterangan
			$\frac{3}{4}$	$\frac{1}{2}$	Abu Batu	Pasir		
1	Berat Jenis Bulk	-	2.582	2.544	2.620	2.516	-	Tidak disyaratkan
2	Berat Jenis SSD	-	2.629	2.603	2.650	2.583	-	Tidak disyaratkan
3	Berat jenis Apparent	-	2.708	2.703	2.703	2.698	-	Tidak disyaratkan
4	Penyerapan Air	%	1.916	2.315	1.174	2.690	Max. 3	Memenuhi
5	Kelekatan agregat terhadap aspal	%	95	95	-	-	≥ 95	Memenuhi
6	Setara Pasir	%	-	-	-	73,325	Min. 50	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Rancangan Proporsi Agregat Gabungan

Rancangan proporsi agregat gabungan dibuat dengan menggunakan metode determinan Ordo dua, Ordo tiga dan persamaan linier.

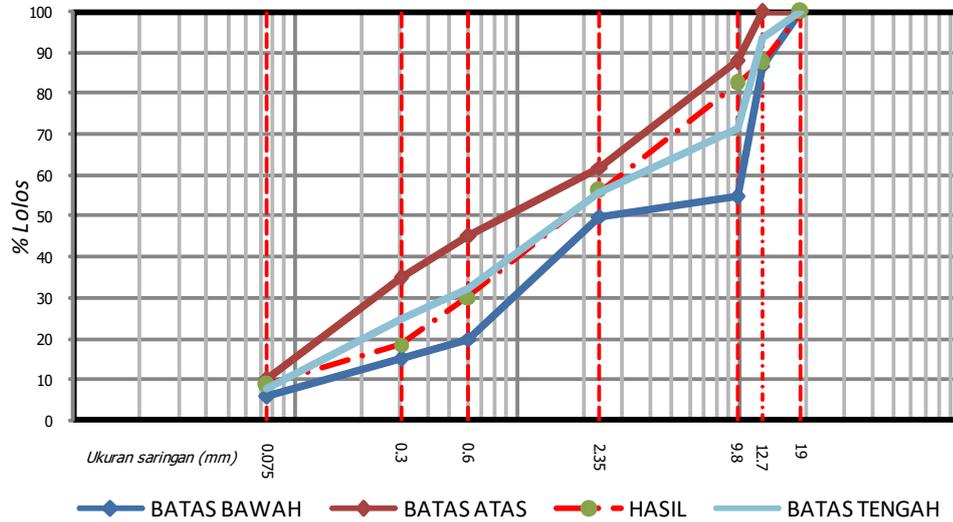
Metode yang digunakan didapat hasil komposisi batu pecah $\frac{3}{4}$ = 19 %, batu pecah $\frac{1}{2}$ = 12 %, abu batu = 49 %, pasir = 18 % dan filler (semen porland) = 1 %.

Tabel 2. Rancangan Proporsi Komposisi Agregat Gabungan HRS - WC Semi Senjang

Ukuran saringan		Batu Pecah $\frac{3}{4}$		Batu Pecah $\frac{1}{2}$		Abu Batu		Pasir		Filler		Hasil	Spesifikasi
Inch	Mm	100%	19%	100%	12%	100%	49%	100%	18%	100%	1%		
$\frac{3}{4}$	19.0	100.00	19.40	100.00	12.36	100.00	49.26	100.00	17.98	100.00	1.00	100.00	100
$\frac{1}{2}$	12.7	35.81	6.95	100.00	12.36	100.00	49.26	100.00	17.98	100.00	1.00	87.55	87 - 100
$\frac{3}{8}$	9.8	10.48	2.03	99.15	12.26	100.00	49.26	99.65	17.92	100.00	1.00	82.47	55 - 88
No. 8	2.35	1.04	0.20	1.69	0.21	78.31	38.57	90.28	16.23	100.00	1.00	56.22	50 - 62
No. 30	0.6	1.00	0.19	1.38	0.17	33.84	16.67	67.04	12.05	99.80	1.00	30.09	20 - 45
No. 50	0.30	0.99	0.19	1.37	0.17	21.93	10.80	36.12	6.50	99.75	1.00	18.65	15 - 35
No. 200	0.075	0.89	0.17	1.30	0.16	12.82	6.32	6.80	1.22	94.42	0.94	8.82	6 - 10

Sumber : Hasil Perhitungan

Gambar 1. Grafik Gradasi Agregat Gabungan HRS-WC Semi Senjang



Grafik 1. Gradasi Agregat Gabungan HRS-WC

Dapat disimpulkan bahwa pada saringan $\frac{3}{4}$ (19 mm), $\frac{1}{2}$ (12.7 mm), No. 50 (0,30 mm) lebih mendekati nilai batas bawah spesifikasi atau menjauhi nilai batas tengah (batas ideal), pada saringan $\frac{3}{8}$ (9.8 mm) mendekati nilai batas atas spesifikasi, dan pada saringan No.

8 (2,35 mm), No. 30 (0.60 mm), No. 200 (0.075 mm) mendekati nilai batas tengah spesifikasi (batas ideal), jadi dapat disimpulkan komposisi ini dapat digunakan dalam campuran HRS - WC.

Tabel 3. Variasi Proporsi Campuran 5 Variasi Kadar Aspal

Komposisi Campuran		Komposisi Agregat	Berat Timbangan				
Kadar Aspal Rencana		%	7	7.5	8	8.5	9
a	Batu Pecah $\frac{3}{4}$	19%	198.4	197.4	196.3	195.2	194.2
b	Batu Pecah $\frac{1}{2}$	12%	126.5	125.8	125.1	124.4	123.8
c	Abu Batu	49%	503.9	501.2	498.5	495.8	493.1
d	Pasir	18%	184.0	183.0	182.0	181.0	180.0
e	Filler	1%	10.2	10.2	10.1	10.1	10.0
Berat Agregat Campuran (gr)			1023.0	1017.5	1012.0	1006.5	1001.00
Berat Aspal (gr)			77.0	82.5	88.0	93.5	99.0
Berat Rencana Total Campuran (gr)			1100.0	1100.0	1100.0	1100.0	1100.0

Sumber : Hasil Perhitungan



4. Hasil Pengujian Marshall

1. Hubungan Antara Stabilitas Dan Kadar Aspal

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran beraspal/ perkerasan jalan untuk mene-

rima beban lalu-lintas tanpa terjadinya perubahan bentuk, pergeseran antara butiran, sifat saling mengunci, serta daya ikat lapisan aspal, kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan akan kaku dan cepat mengalami retak.

Tabel 4. Rangkuman Sifat - sifat Campuran Aspal Dengan Konstanta 2

SIFAT - SIFAT	KADAR ASPAL				
	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0
STABILITAS MARSHALL	█	█	█	█	█
RONGGA DALAM AGREGAT (VMA)	█	█	█	█	█
RONGGA TERISI ASPAL (VFB)		█	█	█	█
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM)		█	█	█	
KELELEHAN (FLOW)		█	█	█	█
MARSHALL QUITIENT (MQ)	█	█	█	█	█

Dari Tabel 4, diatas dapat dilihat bahwa semua parameter marshall saling berhubungan satu sama lain, oleh karena itu nilai konstanta

2 dapat digunakan untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum, terlebih dahulu mencari nilai VIM kepadatan mutlak.

Tabel 5. Rangkuman Sifat - sifat Campuran Aspal Dengan Konstanta 2,5

SIFAT – SIFAT	KADAR ASPAL				
	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5
STABILITAS MARSHALL	█	█	█	█	█
RONGGA DALAM AGREGAT (VMA)	█	█	█	█	█
RONGGA TERISI ASPAL (VFB)	█	█	█	█	█
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM)	█	█	█		
KELELEHAN (FLOW)				█	█
MARSHALL QUITIENT (MQ)	█	█	█	█	█

Dari Tabel 5, dapat dilihat MQ, VFA, VMA dan stabilitas saling berhubungan tapi VIM dan Flow tidak saling berhubungan. Oleh

karena itu nilai konstanta 2,5 tidak dapat digunakan untuk campuran HRS-WC.



Tabel 6. Rangkuman Sifat - sifat Campuran Aspal Dengan Konstanta 3

SIFAT – SIFAT	KADAR ASPAL				
	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0
STABILITAS MARSHALL	█	█	█	█	█
RONGGA DALAM AGREGAT (VMA)	█	█	█	█	█
RONGGA TERISI ASPAL (VFB)	█	█	█	█	█
RONGGA DALAM CAMPURAN (VIM)	█				
KELELEHAN (FLOW)			█	█	█
MARSHALL QUITIENT (MQ)	█	█	█	█	█

Dari Tabel 6, dapat dilihat MQ, VFA, VMA dan stabilitas saling berhubungan tapi VIM dan Flow tidak saling berhubungan karena VIM pada kadar aspal 7.5 % - 9 % berada dibawah batas minimum dan Flow pada kadar aspal 7 % - 8% berada dibawah batas mini-

um, oleh karena itu nilai konstanta 3 tidak dapat digunakan untuk campuran HRS-WC.
5. Kepadatan Mutlak (PRD/ Percentage Refusal Density)

Pengujian kepadatan mutlak hanya dilakukan pada konstanta 2 yang ditentukan dengan

mencari kadar aspal yang memberikan nilai VIM 6 %. Diketahui nilai VIM pada konstanta 2 yang mencapai 6 % adalah 6,4 % kadar aspal, maka pengujian kepadatan mutlak dilakukan pada kadar aspal: 5,9 %, 6,4 %, 6,9 %.

Pengujian kepadatan mutlak dengan jumlah tumbukan 2 x 400 tumbukan dan memberikan hasil sebagai berikut :

Tabel 7. Hasil Pengujian Kepadatan Mutlak

Kadar Aspal (%)	VIM PRD (%)
5,9	4,60
6,4	3,60
6,9	1,87

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari Hasil pengujian pada Tabel 7. diatas terlihat bahwa campuran dengan kadar aspal 5,9 % - 6,4 % memenuhi spesifikasi sedangkan kadar aspal 6,9 % tidak memenuhi spesifikasi yaitu minimal 3 %.

6. Pengaruh Nilai Konstanta Aspal Rencana Terhadap Stabilitas

Nilai Konstanta merupakan angka pendekatan dalam penggunaan aspal, dimana besar nilai

konstanta aspal rencana ditentukan menurut jenis campurannya.

7. Evaluasi Terhadap Variasi Konstanta Pada Aspal Rencana

Dari ketiga variasi konstanta pada aspal rencana yaitu konstanta 2, konstanta 2,5 dan konstanta 3 terlihat semakin bertambahnya nilai konstanta maka nilai kadar aspal yang dipakai semakin bertambah maka semakin berpengaruh terhadap nilai parameter marshall yaitu stabilitas, rongga dalam campuran, (VIM), rongga dalam mineral agregat (VMA) dan rongga terisi aspal (VFA).

Semakin bertambahnya kadar aspal maka nilai stabilitas semakin meningkat, namun pada suatu titik nilai stabilitas akan kembali menurun seiring bertambahnya kadar aspal yang melebihi batas, ini disebabkan karena bertambahnya kadar aspal menyebabkan film akan terlalu tebal menyelimuti butir - butir agregat yang berakibat rongga dalam campuran menjadi besar dan juga mempengaruhi nilai VIM dan Flow yang akan menurun.

Parameter	Konstanta	Kadar Aspal							Rata - rata	Spesifikasi
		6	6.5	7	7.5	8	8.5	9		
Stabilitas	2	1053.076	1459.674	1586.876	1563.319	1592.588			1451.1066	800 kg
	2,5		1535.565	1548.927	1563.319	1571.464	1628.923		1569.84	
	3			1586.876	1563.319	1592.588	1628.923	1369.548	1548.251	
Flow	2	2.70	3.00	3.00	3.05	3.23			2.99	3
	2.5		2.58	2.23	2.90	3.50	3.98		3.04	
	3			2.83	2.90	3.23	3.98	3.55	3.30	
VIM	2	7.05	5.77	4.90	4.28	3.509			5.10	4 - 6
	2.5		5.16	5.30	4.28	3.76	3.142		4.33	
	3			4.405	3.781	3.004	2.635	2.938	3.35	
VMA	2	20.695	20.028	19.725	19.636	19.425			19.902	18
	2.5		19.273	19.824	19.401	19.397	19.323		19.444	
	3			19.491	19.401	19.189	19.323	20.013	19.483	



KESIMPULAN

Dari hasil pengujian Marshall menunjukkan semakin besar nilai konstanta pada aspal rencana maka kadar aspal yang digunakan semakin besar. Dimana semakin besar kadar aspal yang digunakan dalam campuran mengakibatkan nilai stabilitas dan flow naik. Angka pendekatan yang dapat digunakan dalam campuran Lataston baik dari nilai 2-3 yang ideal yaitu 2, dikarenakan parameter atau sifat – sifat campuran pada konstanta 2 saling terkait atau berhubungan dimana parameter (VIM, VMA, VFA dan VIM_{PRD}) dapat menentukan nilai kadar aspal optimum (KAO).

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, 1990. *Metode Pengujian Tentang Analisa Saringan Agregat Halus Dan Kasar*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 1990. *Metode Pengujian Tentang Kelekatan Agregat Terhadap Aspal*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 1990. *Metode Pengujian Tentang Penetrasi Bahan-bahan Bitumen*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 1990. *Metode Pengujian Tentang Titik Lembek Aspal dan Ter*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 1990. *Metode Pengujian Tentang Daktilitas Bahan-bahan Bitumen Aspal*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 1990. *Metode Pengujian Tentang Berat Jenis Aspal Padat*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2008. *Metode Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2003. *Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas Dengan Menggunakan Alat Marshall*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2008. *Metode Pengujian Keausan Agregat Dengan Mesin Abrasi Los Angeles*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2010. *Spesifikasi Teknik Bina Marga*, Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Anonim, 2002. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, Departemen Permukiman dan Prasarana Direktorat Jenderal Prasarana Wilayah. Jakarta.
- Sukirman, S, 1999. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova. Bandung.
- Sukirman, S, 2003. *Beton Aspal Campuran Panas, Granit*. Jakarta.
- Sukirman, S, 2010. *Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur*, Nova Bandung.