

## **PENGARUH SUHU DAN DURASI TERENDAMNYA PERKERASAN BERASPAL PANAS TERHADAP STABILITAS DAN KELELEHAN (*FLOW*)**

**Vonne Carla Pangemanan**

**Oscar H. Kaseke, Mecky R. E. Manoppo**

Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

Email: [vonnecarla@gmail.com](mailto:vonnecarla@gmail.com)

### **ABSTRAK**

*Salah satu fungsi dari lapisan perkerasan aspal adalah sebagai lapisan penutup bagi perkerasan di bawahnya terhadap air, karena adanya air akan mengakibatkan perkerasan tersebut menurun dan juga lapis perkerasan dibawahnya akan menurun daya dukungnya. Terhadap lapisan perkerasan aspal dapat dilakukan pengujian Marshall untuk mengetahui pengaruh dari suhu dan durasi terendamnya terhadap nilai Stabilitas dan Kelelehan (*Flow*) melalui penelitian di laboratorium.*

*Penelitian dilakukan terhadap campuran yang terbuat dari 2 jenis material agregat dari lokasi dua lokasi sumber berbeda yang memiliki sifat fisik berbeda, yakni material agregat dari lokasi sumber Tateli dan lokasi sumber Lolan. Penelitian diawali dengan memeriksa sifat-sifat bahan yang digunakan dengan mengacu pada persyaratan Spesifikasi Teknik oleh Bina Marga, sehingga didapatkan komposisi terbaik dari campuran. Selanjutnya dengan komposisi terbaik dibuat benda uji Marshall yang akan direndam dalam 3 variasi temperature, yaitu 25°, 45° dan 60° dengan 5 variasi lamanya waktu (durasi) perendaman; yaitu 30 menit, 60 menit, 12 jam, 24 jam dan 72 jam.*

*Hasil pemeriksaan terhadap dua jenis material agregat menunjukkan material agregat lokasi sumber Lolan mempunyai resapan lebih kecil dibandingkan dengan agregat dari lokasi sumber Tateli, kemudian hasil penelitian terhadap dua jenis campuran yang terbuat dari agregat dari kedua lokasi sumber Tateli dan Lolan.*

*Terlihat bahwa, setelah direndam dengan variasi suhu dan lamanya perendaman yang berfluktuasi terhadap kedua jenis campuran tersebut sama pengaruhnya, yaitu nilai Stabilitas dan Marshall Quotient (*MQ*) menurun dan nilai *Flow* meningkat. Hal ini membuktikan, bahwa temperatur dan lamanya (durasi) perendaman mempengaruhi kinerja pencampuran lapis perkerasan aspal. Semakin tinggi suhu perendaman dan semakin panjang durasi perendaman nilai Stabilitas Marshall semakin menurun dan nilai *Flow* semakin meningkat.*

*Kata kunci: Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), Suhu Perendaman, Lama Perendaman*

### **PENDAHULUAN**

Saat musim hujan, perkerasan jalan terendam oleh air, yang mempengaruhi kinerja perkerasan aspal, khususnya masalah ketahanan, keawetan dan kemampuan menerima beban. Adanya air mengakibatkan penurunan daya dukung bagian perkerasan dibawahnya sehingga bagian dari perkerasan tersebut mengalami penurunan.

Pengujian Marshall sampai saat ini masih umum digunakan untuk mengevaluasi sifat-sifat campuran. Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelehan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk.

Waktu terendamnya permukaan perkerasan di jalan raya tidak hanya terbatas 30 menit untuk kondisi drainase-drainase yang buruk, tetapi bisa

lebih dari satu hari. Lamanya waktu terendamnya perkerasan akan mempengaruhi besaran-besaran karakteristik Marshall. Biasanya suhu di lapangan saat musim hujan, berkisar pada suhu ruang 25°-40° dengan waktu terendam lebih panjang.

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kinerja lapisan perkerasan campuran aspal panas akibat lamanya terendam dan waktu perendaman, dengan suhu dan durasi perendaman bervariasi, tidak hanya berdasar pada ketentuan standard menurut metode Marshall.

### **LANDASAN TEORI**

Agregat atau batuan didefinisikan secara umum sebagai formulasi kulit bumi yang keras

dan penyal (solid). *ASTM* (1974) mendefinisikan batuan sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat, berupa massa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat didefinisikan sebagai suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai campuran berupa berbagai jenis butiran atau pecahan seperti pasir, kerikil, agregat pecah, dan abu (Sukirman, 1992).

Aspal merupakan campuran dari senyawa hidrokarbon dan senyawa-senyawa utama yaitu Aromat, Naphaten dan Alkan. Aspal yang digunakan untuk bahan pengikat pada perkerasan jalan bersifat *flexible* dan lentur sehingga disebut juga perkerasan lentur (*flexible pavement*).

**Pengaruh Suhu dan Durasi Terendamnya Perkerasan Aspal terhadap Stabilitas dan Kelelahan (Flow)**

Lapisan permukaan pada konstruksi perkerasan jalan raya merupakan lapisan teratas, yang langsung menerima beban lalu lintas ke lapisan dibawahnya dan berinteraksi langsung dari pengaruh luar seperti panas matahari atau fluktuasi temperatur (cuaca), dan air hujan, yang menyebabkan genangan air di atas permukaan aspal dan suhu. Konstruksi perkerasan sebaiknya dihindari dari pengaruh air atau genangan air yang cukup lama, sehingga umur konstruksi jalan dapat bertahan lebih lama.

**Pengujian Marshall**

Pengujian dengan Marshall bertujuan untuk menentukan ketahanan dan kekuatan (Stabilitas) terhadap kelelahan plastis (*flow*).

**Evaluasi Hasil Pengujian Marshall**

1. Stabilitas

Untuk mengetahui karakteristik campuran yang memenuhi kriteria perlu dilakukan evaluasi hasil pengujian Marshall, salah satunya nilai Stabilitas. Stabilitas merupakan kemampuan perkerasan untuk menerima suatu beban sampai terjadi kelelahan.

2. Kelelahan (*flow*)

Nilai kelelahan yang diperoleh dari uji Marshall adalah nilai batas kekuatan Stabilitas dari benda uji yang telah mengalami kehancuran antara komponen bahan pada benda uji. Setelah diketahui nilai Stabilitas dan kelelahan (*flow*) perlu diketahui nilai *Marshall Quotient* yang merupakan hasil bagi keduanya.

**Campuran Beraspal Panas**

Campuran beraspal panas adalah kombinasi campuran antara agregat dengan bahan pengikat

bitumen aspal keras penetrasi 60/70 dicampur di unit pencampur aspal, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu.

Komposisi agregat gabungan yang digunakan dalam penelitian yaitu Laston dengan jenis campuran lapis aus (AC-WC) yang berpedoman kepada Spesifikasi Baru Campuran Beraspal Panas Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010.

Tabel 1. Syarat Komposisi agregat gabungan campuran beraspal panas Laston (AC) gradasi halus

Ukuran Saringan		% Berat Lolos terhadap Total agregat dalam Campuran Laston (AC - WC)	
		Gradasi kasar	Gradasi Halus
ASTM	(mm)		
37, 50	1½'		
25,00	1'		
19,00	¾'	100	100
12,50	½'	90 – 100	90 - 100
9,50	3/8'	72 – 90	72 - 90
4,75	#4	43 – 63	54 – 69
2,36	#8	28 - 39.1	39,1 – 53
1,18	#16	19 - 25,6	31,6 – 40
0,60	#30	13 - 19,1	23,1 – 30
0,30	#50	9 - 15,5	15,5 – 22
0,15	#100	6 – 13	9 – 15
0,075	#200	4 - 1 0	4 – 10

Sumber: Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

Tabel 2. Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran	Laston					
	Lapis Aus		Lapis antara		Lapis Pondasi	
	Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks. 1,2					
Jumlah tumbukan per bidang	75				112 *	
Rongga dalam campuran (%)	Min. 3,5					
	Maks. 5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min. 15		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min. 65		63		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min. 800				1800*	
	Maks. -					
Pelelehan (mm)	Min. 3				4,5	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min. 250				8	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min. 90					
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min. 2,5					

Sumber: Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga

**Definisi dan Kriteria Kelayakan**

Material agregat dikatakan layak apabila pemeriksaan sifat-sifat fisis dan mekanis agregat memenuhi syarat yang ditetapkan sesuai dengan standar spesifikasi umum yang dipakai yaitu Spesifikasi Umum 2010.

Adapun syarat yang ditentukan untuk pemeriksaan sifat fisis dan mekanis agregat adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Ketentuan-ketentuan untuk pemeriksaan awal

Sifat-sifat material / bahan	Persyaratan
<i>Agregat kasar</i>	
- Keausan (abrasi)	Maks. 40%
- Impact Test	Maks. 13%

Sumber: Spesifikasi khusus campuran beraspal panas 2010

Tabel 4. Ketentuan-ketentuan untuk Pemeriksaan Lanjutan

Sifat-sifat material / bahan	Persyaratan
<i>Agregat Kasar</i>	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%
<i>Agregat Sedang</i>	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%
<i>Agregat Halus</i>	
a. Abu batu	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%
b. Pasir	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%

Sumber: Spesifikasi khusus campuran beraspal panas 2010

## METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mencapai tujuan dari penelitian ini langkah yang perlu ditempuh adalah mengawali dengan memilih agregat dan aspal yang akan digunakan. Dalam hal ini telah dipilih 2 sumber lokasi material, yaitu Lolan dan Tateli. Dipilih kedua sumber karena kedua material tersebut

sudah sering digunakan dalam berbagai percobaan dan dalam realisasi pekerjaan yang langsung dilapangan.

Kedua sumber material tersebut diperiksa lagi untuk memenuhi persyaratan-persyaratan yang dibutuhkan untuk membuat campuran beraspal panas sesuai dengan standar Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. Setelah dilakukan pemeriksaan maka tahap selanjutnya adalah mencari komposisi material yang memberikan kinerja Marshall yang terbaik, dengan kata lain untuk mencari komposisi material agregat yang terbaik dan kadar aspal yang terbaik juga yang digunakan.

Karena perkerasan yang akan diuji terendam dalam air hujan, maka akan digunakan air hujan untuk perendaman benda uji tersebut. Selanjutnya berdasarkan komposisi material dan kadar aspal terbaik, dibuat benda uji ideal yang memenuhi semua persyaratan komposisi, sesuai dengan komposisi terbaik yang telah diperoleh, untuk dibuat variasi suhu dan durasi perendaman. Dalam hal ini dibuat variasi suhu 25°C, 45°C, dan 60°C dengan variasi durasi perendaman mulai dari 30 menit, 60 menit, 12 jam, 24 jam dan 72 jam (3x24 jam).

Kemudian dilakukan pengujian Marshall secara khusus, untuk besaran Stabilitas dan Kelelahan (*flow*). Setelah diperoleh besaran-besaran tersebut, dilakukan evaluasi dan pembahasan terhadap besaran tersebut. Dan diambil kesimpulan dari pengujian tersebut yaitu pengaruh suhu dan durasi terendamnya perkerasan aspal panas terhadap Stabilitas dan Kelelahan (*flow*).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Campuran Beraspal Panas AC-WC

Campuran yang ditentukan dalam penelitian ini yaitu jenis campuran beraspal panas AC-WC agregat halus, dimana persentase komposisi material/bahan pembentuk dengan aspal dalam campuran disyaratkan dalam spesifikasi yang ada.

Benda uji dibuat untuk masing-masing sumber material pembentuk yang berasal dari 2 sumber, yaitu Lolan dan Tateli. Dalam pembuatan benda uji campuran, komposisi untuk persentasi agregat dibuat berdasarkan pada komposisi agregat dari bahan pembentuk Lolan dan Tateli. Untuk komposisi campuran diperoleh pembagian persentase jumlah agregat dan aspal sebagai berikut.

Tabel 5. Hasil perhitungan komposisi agregat gabungan Lolan

Ukuran Saringan	% Berat Lolos terhadap Total agregat dalam Campuran Laston (AC- WC) gradasi kasar		
AST M	(mm)	Komposisi agregat gabungan	Spesifikasi
25,00	1'	100	100
19,00	3/4'	100	100
12,50	1/2'	94.42	90 – 100
9,50	3/8'	80.15	72 – 90
4,75	# 4	47.97	43 – 63
2,36	# 8	37.58	28 – 39.1
1,18	# 16	25.53	19 – 25.6
0,60	# 30	17.86	13 – 19.1
0,30	# 50	12.52	9 – 15.5
0,15	# 100	8.75	6 – 13
0,075	# 200	6.97	4 – 10

Tabel 6. Hasil perhitungan komposisi agregat gabungan Tateli

Ukuran Saringan	% Berat Lolos terhadap Total agregat dalam Campuran Laston (AC- WC) gradasi kasar		
AST M	(mm)	Komposisi agregat gabungan	Spesifikasi
25,00	1'	100	100
19,00	3/4'	100	100
12,50	1/2'	91.65	90 – 100
9,50	3/8'	86.29	72 – 90
4,75	# 4	57.01	34 – 63
2,36	# 8	37.90	28 – 39.1
1,18	# 16	23.91	19 – 25.6
0,60	# 30	17.36	13 – 19.1
0,30	# 50	11.43	9 – 15.5
0,15	# 100	7.11	6 – 13
0,075	# 200	5.27	4 – 10

**Hasil Perhitungan Parameter Marshall Campuran Beraspal Panas**

Pemeriksaan *Marshall test* dibedakan atas 2 pemeriksaan yaitu *non destructive test* dan *destructive test*. Kedua pemeriksaan ini lebih dikenal dengan Parameter *Marshall*, berikut rekapitulasi hasil *Marshall Test* dari kedua material.

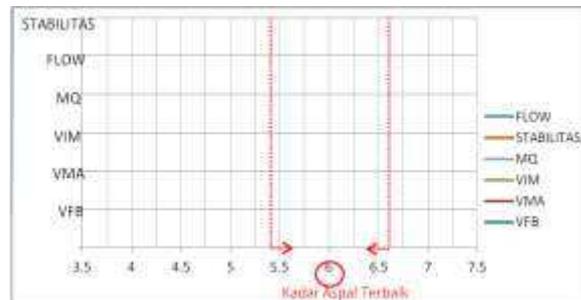
Tabel 7. Rekapitulasi hasil perhitungan *Marshall test* (Lolan)

Kadar Aspal (%)	Bj. Maksimum	Bj. Bulk Campuran	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas	Flow	Quotient ( <sup>kg</sup> /mm)
3.5	2.578	2.291	11.15	16.69	33.19	1256.63	3.96	317.33
4.5	2.539	2.342	7.79	15.73	50.47	1405.09	4.17	336.68
5.5	2.502	2.383	4.73	15.13	68.71	1511.26	4.38	345.3
6.5	2.465	2.386	3.18	15.91	80.02	1465.99	4.48	327.72
7.5	2.429	2.364	2.67	17.58	84.82	1338.33	4.54	294.79

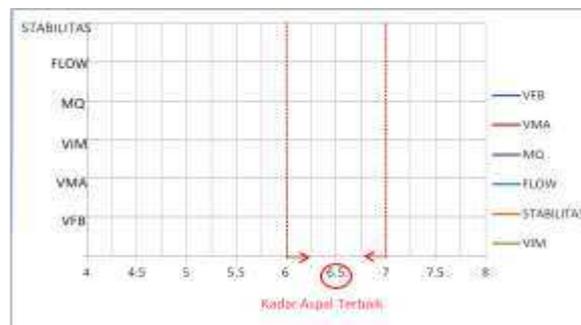
Tabel 8. Rekapitulasi hasil perhitungan *Marshall test* (Tateli)

Kadar Aspal (%)	Bj. Maksimum	Bj. Bulk Campuran	VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Quotient ( <sup>kg</sup> /mm)
4	2.327	2.045	12.14	17.65	31.23	1095.75	3.93	279.63
5	2.298	2.11	8.15	15.9	48.71	1333.92	4.2	317.82
6	2.269	2.155	4.99	15	66.73	1466.39	4.47	329
7	2.24	2.163	3.46	15.61	77.86	1363.03	4.67	292.3
8	2.213	2.145	3.09	17.23	82.08	1159.27	4.83	239.9

Dari rekapitulasi data hasil pengujian Parameter *Marshall* yang disajikan dalam tabel di atas, maka dapat digambarkan parameter-parameter tersebut dalam bentuk grafik di bawah ini untuk mendapatkan rentang kadar aspal terbaik dari campuran AC-WC.



Gambar 1. Grafik rentang kadar aspal terbaik untuk campuran AC-WC (Lolan)



Gambar 2. Grafik rentang kadar aspal terbaik untuk campuran AC-WC (Tateli)

Dalam Gambar 1. dan Gambar 2. dapat kita lihat campuran AC-WC Lolan mempunyai nilai kadar aspal 6%, dan untuk campuran AC-WC Tateli mempunyai nilai kadar aspal 6.5%. Karena pada titik-titik ini semua parameter *Marshall* yang dihasilkan memenuhi Spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 2012.

**Campuran dengan Variasi Suhu dan Durasi Lamanya Perendaman**

Setelah mendapatkan kadar aspal terbaik dilanjutkan dengan membuat campuran dengan komposisi agregat terbaik, dengan membuat pencampuran komposisi yang sama. Kemudian dibuat variasi antara suhu dan durasi perendaman terhadap *Marshall Test*. Berikut ini merupakan tabel variasi suhu dan durasi perendaman dengan nilai Stabilitas, Kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient (MQ)*.

Tabel 9. dan Tabel 10. menunjukkan hasil perhitungan *Marshall test* dari komposisi campuran terbaik yang dibuat.

Tabel 9. Rekapitulasi Data Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC dengan Variasi Suhu dan Durasi Perendaman (Lolan)

Variasi Suhu	Variasi Durasi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
25°	30 menit	1496.92	3.08	486.66
	60 menit	1408.92	3.21	439.28
	12 jam	1254.04	3.38	370.96
	24 jam	1196.81	3.57	335.34
45°	72 jam	1072.48	3.69	290.83
	30 menit	1391.58	3.18	437.08
	60 menit	1298.76	3.27	397.69
	12 jam	1135.84	3.57	317.68
60°	24 jam	1090.30	3.65	299.02
	72 jam	989.97	3.80	260.50
	30 menit	1287.87	3.37	382.28
	60 menit	1188.44	3.54	335.92
60°	12 jam	1005.38	3.79	265.02
	24 jam	943.81	3.86	245.72
	72 jam	854.10	4.02	213.38

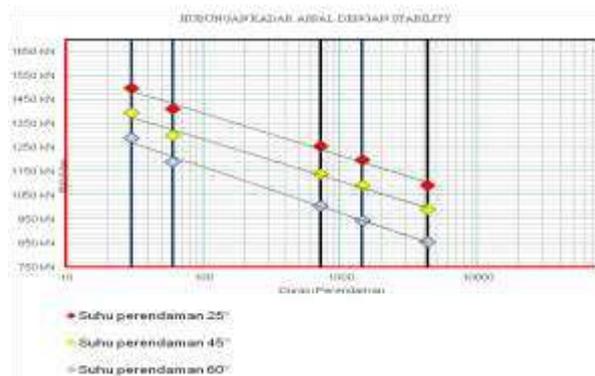
Tabel 10. Rekapitulasi Data Hasil Pengujian *Marshall* pada Campuran AC-WC dengan Variasi Suhu dan Durasi Perendaman (Tateli)

Variasi Suhu	Variasi Durasi	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
25°	30 menit	1353.62	3.17	427.59
	60 menit	1319.34	3.24	406.95
	12 jam	1217.80	3.44	354.29
	24 jam	1186.66	3.54	335.60
45°	72 jam	1166.50	3.78	309.78
	30 menit	1298.47	3.28	395.97
	60 menit	1245.46	3.34	373.62
	12 jam	1140.70	3.69	309.52
60°	24 jam	1106.20	3.74	296.20
	72 jam	1066.27	3.96	270.45
	30 menit	1243.38	3.44	362.31
	60 menit	1181.53	3.61	327.59
60°	12 jam	1083.13	3.86	281.12
	24 jam	1035.59	3.89	267.75
	72 jam	987.33	4.08	242.50

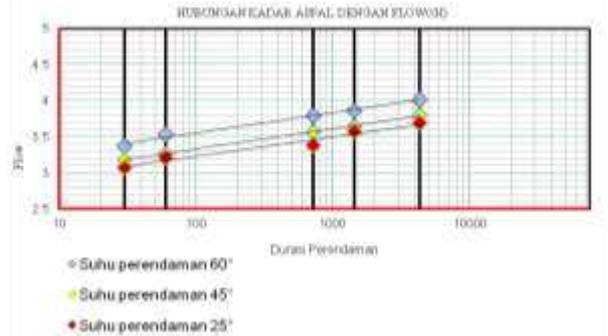
**Hubungan Stabilitas, Flow, Marshall Quotient dengan Variasi Suhu dan Durasi Perendaman**

Dari data tabel-tabel di atas, diperoleh grafik-grafik hasil pengujian variasi suhu dan durasi perendaman terhadap Stabilitas, Kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient (MQ)*.

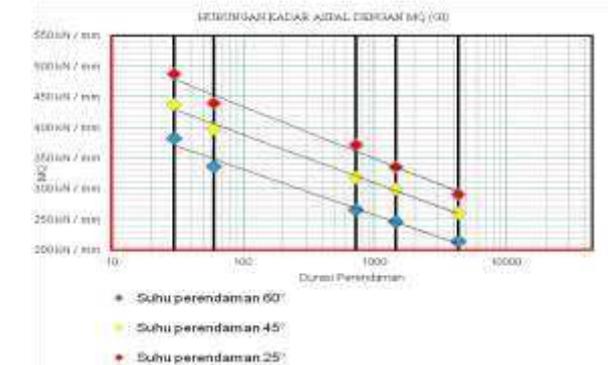
Digambarkan gabungan dari variasi suhu dan durasi perendaman terhadap Stabilitas dan *Flow*.



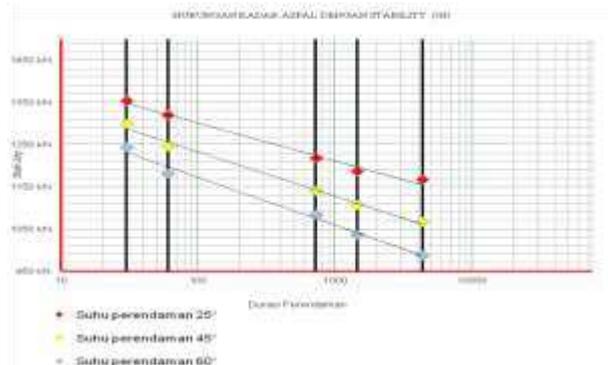
Gambar 3. Hubungan durasi perendaman dan variasi suhu 25°, 45° dan 60° dengan Stabilitas (Lolan)



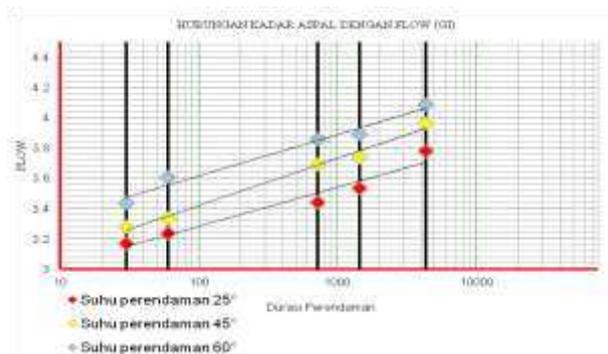
Gambar 4. Hubungan durasi perendaman dan variasi suhu 25°, 45° dan 60° dengan *Flow* (Lolan)



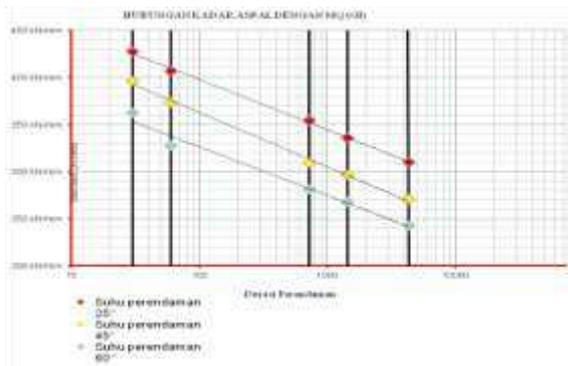
Gambar 5. Hubungan durasi perendaman dan variasi suhu 25°, 45° dan 60° dengan *Marshall Quotient (MQ)* (Lolan)



Gambar 6. Hubungan durasi perendaman dan variasi suhu 25°, 45° dan 60° dengan Stabilitas (Tateli)



Gambar 7. Hubungan durasi perendaman dan variasi suhu 25°, 45° dan 60° dengan *Flow* (Tateli)



Gambar 8. Grafik hubungan durasi perendaman dan variasi suhu 25°, 45° dan 60° dengan Marshall Quotient (MQ) (Tateli)

## PENUTUP

### Kesimpulan

Setelah dilakukan pencampuran aspal panas dari 2 jenis material agregat yang berbeda, dan setelah mengevaluasi hasil-hasil yang diperoleh mendapatkan hasil:

1. Untuk material Lolan relatif mempunyai sifat fisik yang berbeda dengan material Tateli, dimana sumber material dari Lolan mempunyai resapan lebih kecil, nilai Stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) Lolan relatif lebih tinggi dibandingkan dengan Tateli.
2. Akibat terendamnya perkerasan aspal terlihat bahwa semakin tinggi suhu air yang

merendam perkerasan beraspal panas mengakibatkan Stabilitas menurun, Flow meningkat dan Marshall Quotient (MQ) juga menurun.

3. Setelah direndam dengan variasi suhu yang berfluktuasi dan lamanya perendaman diperoleh untuk kedua jenis material tersebut nilai Stabilitas dan Marshall Quotient (MQ) menurun dan nilai Flow meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa temperatur dan lamanya perendaman mempengaruhi kinerja pencampuran lapis perkerasan.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah disimpulkan, maka disarankan :

1. Diusahakan bahwa lapis perkerasan yang dibuat dari campuran beraspal panas, dari material yang memiliki resapan lebih kecil menunjukkan kinerja lebih baik terhadap pengaruh pada perendaman. Dan tentunya disarankan menggunakan material yang lebih baik.
2. Untuk menghindari lapis perkerasan terendam lama, maka sistem drainase dari jalan raya harus dibuat sedemikian rupa agar pada saat terjadi hujan tidak terjadi genangan air yang lama diatas permukaan aspal.
3. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dilapangan untuk pengaruh variasi suhu dan waktu lamanya terendam perkerasan beraspal panas.

## DAFTAR PUSTAKA

- BALITBANG-PU dan Direktorat Jenderal Bina Marga, 2007. Modul, *Training Of Trainer (TOT)*, Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010. *Spesifikasi Umum*., Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil ITB, 2001. *Buku Besar*, Bandung.
- SNI. 2010. *Manual Pekerjaan Campuran Beraspal Panas*, BSNi, Jakarta.
- Sukirman S., 1992. *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, Nova, Bandung.