

# PENGARUH TERENDAMNYA PERKERASAN ASPAL OLEH AIR LAUT YANG DITINJAU TERHADAP KARAKTERISTIK MARSHALL

George Stefen Muaya

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

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi Manado

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

## ABSTRAK

*Perkerasan jalan yang berada di pesisir pantai berpotensi digenangi oleh air laut. Kadar garam adalah salah satu yang membedakannya dengan air tawar. Garam-garaman yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (!%), dan sisanya (< 1%) bikarbonat, bromide, asam borak, strontium, dan florida. Jadi, rata-rata dalam 1 liter air laut terdapat 3,5% kadar garam.*

*Berdasarkan SNI 2010 Revisi 2 Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga, nilai Marshall Test untuk lapis aspal beton AC-WC adalah minimal 800 kg untuk stabilitas dan minimal 3 mm untuk kelelahan plastisnya., jadi untuk Marshall Quotientnya minimal 250 kg/mm. Penelitian ini menggunakan material batu pecah yang berasal dari daerah Lolak, Kotamobagu. Penelitian ini bersifat kajian dilaboratorium, dimulai dengan pemeriksaan sifat-sifat fisik terhadap material batu pecah, agregat kasar, agregat sedang, dan abu batu. Kemudian dilakukan perhitungan kadar aspal perkiraan dan didapatkan sebesar 5,8% yang kemudian divariasikan mulai 3,8%, 4,8%, 5,8%, 6,8%, 7,8% untuk mendapatkan nilai kadar aspal terbaik dari pengujian Marshall.*

*Nilai kadar aspal terbaik digunakan untuk pembuatan benda uji yang akan digunakan untuk perendaman air laut dengan durasi perendaman 24 jam dan 48 jam, variasi suhu perendaman 25°C, 30°C, 35°C, 40°C, dan variasi kadar garam 3,5% (air laut), yang kemudian ditambahkan garam dapur sebesar 0,5% per 1 liter air laut yang menjadi 4,0% dan 4,5%. Kemudian akan dibandingkan dengan perendaman air tawar yang variasi durasi dan suhu yang sama dengan perendaman air laut. Hasil yang di dapatkan dari pengujian Marshall dapat disimpulkan bahwa air laut lebih merusak dibandingkan air tawar dengan perbandingan nilai stabilitas yang mencapai 6,59% untuk durasi 24 jam dan 29,90% untuk durasi 48 jam. Pada nilai kelelahan plastisnya terjadi peningkatan dari 6,16 mm pada perendaman air tawar menjadi 7,24 mm pada perendaman air laut. Nilai Marshall Quotientnya mengalami penurunan 8,88% - 20,06% untuk durasi 24 jam dan 14,10% - 41,39% untuk durasi 48 jam.*

**Kata kunci :** Air Laut, Lapis Aspal Beton AC-WC, Marshall Test

## PENDAHULUAN

### Latar Belakang

Banyak hal yang menyebabkan kerusakan pada konstruksi jalan, antara lain akibat pengaruh beban lalu lintas kendaraan yang berlebihan, temperatur, air (genangan), dan konstruksi perkerasan yang kurang memenuhi persyaratan teknis. Air (genangan) merupakan salah satu penyebab kerusakan atau mengurangi keawetan bagi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal.

Beberapa ruas jalan di Indonesia yang terletak didaerah yang berhubungan dengan pantai mengalami permasalahan dengan genangan air laut yang kebanyakan disebabkan oleh cuaca ekstrem sehingga mengakibatkan terjadinya banjir pasang-surut atau dengan istilah

air rob, yaitu naiknya permukaan air laut yang menggenangi konstruksi jalan dengan perkerasan aspal.

Kandungan garam adalah salah satu perbedaan antara air tawar dengan air laut, rata-rata di laut negara Indonesia terdapat 3,5% kandungan garam per 1 liter air laut. Selain faktor air, faktor suhu juga berperan besar mempengaruhi perkerasan jalan beraspal panas. Rata-rata suhu permukaan air laut di Indonesia berkisar 26°C-30°C.

Berdasarkan pemikiran tersebut, penulis melihat bahwa genangan air laut pada konstruksi perkerasan jalan bisa menjadi masalah di setiap jalan di daerah pesisir pantai di Indonesia, itu sebabnya penulis ingin melakukan penelitian secara khusus mengenai pengaruh air laut

terhadap konstruksi jalan dengan perkerasan aspal.

### Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang maka diperlukan penelitian dengan uji laboratorium tentang pengaruh genangan air laut yang disimulasikan dengan cara merendam benda uji campuran aspal panas dengan air laut dengan menggunakan beberapa variasi suhu rendaman, waktu rendaman dan kadar garam untuk diuji nilai stabilitas, flow, dan Marshall Quotientnya.

### Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

1. Penelitian akan dilakukan di laboratorium perkerasan jalan.
2. Lokasi sumber agregat yang digunakan berasal di daerah sungai dari wilayah Lolak, Kotamobagu.
3. Penelitian hanya dibatasi pada campuran aspal panas yang sering digunakan, yaitu AC-WC dengan penetrasi 60/70.
4. Saat perendaman benda uji yang menggunakan air laut, penelitian hanya menggunakan garam dapur sebagai variasi kadar garam.
5. Kadar aspal yang digunakan pada pencampuran benda uji adalah kadar aspal terbaik yang didapat dari pengujian kadar aspal terbaik.
6. Penelitian tidak menggunakan data VIM, VMA dan VFB, karena sudah dianggap memenuhi syarat.
7. Tidak melakukan pengujian salinitas maupun unsur kimia lainnya terhadap air laut yang digunakan.
8. Tidak melakukan *Fatigue Test*, karena keterbatasan alat di laboratorium.

### Tujuan Penelitian.

Untuk mengetahui pengaruh air laut terhadap konstruksi jalan lapis aspal beton AC-WC yang dilihat dari pengujian *Marshall*, khususnya terhadap nilai Stabilitas, *Flow*, dan *Marshall Quotient*, sesuai Spesifikasi Umum Kementrian Pekerjaan Umum, Divisi 6, tahun 2010 revisi 2.

### Manfaat Penelitian

1. Untuk mendapatkan gambaran seberapa besar pengaruh genangan air laut terhadap konstruksi jalan.

2. Sebagai bahan referensi atau pertimbangan dalam penanganan masalah jalan di daerah pesisir pantai.

### Metode Penelitian

Metode penelitian yang dilakukan adalah melalui *research* di laboratorium perkerasan jalan. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai batasan-batasan fisik agregat sebagai bahan campuran aspal panas dan karakteristik campuran aspal panas, disertai dengan perbedaan kandungan air laut dengan air tawar. Dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- Pengambilan sampel agregat dari lokasi Lolak, Kotamobagu.
- Pemeriksaan agregat (Analisa saringan, berat jenis, dan uji keausan)
- Pemeriksaan aspal yang akan digunakan.
- Merencanakan komposisi campuran.
- Pengujian kadar aspal optimum untuk menentukan kadar aspal dalam pembuatan benda uji Marshall.
- Pembuatan benda uji Marshall untuk pengujian rendaman air tawar dengan durasi rendaman 24 jam dan 48 jam dengan variasi suhu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C berjumlah 24 benda uji.
- Pembuatan benda uji Marshall untuk pengujian rendaman air laut dengan durasi rendaman 24 jam dan 48 jam dengan variasi suhu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C dan dengan variasi kadar garam 3,5%, 4,0%, 4,5% per 1 liter air laut berjumlah 74 benda uji.
- Pengambilan air laut di jalan trans Sulawesi di pantai Mokupa yang mempunyai kandungan salinitas permukaan 3,31% sampai 3,46% per 1 liter air laut dan mempunyai suhu permukaan sebesar 28,0°C sampai 29,7°C. (*Sumber : Jurnal Perikanan dan Kelautan, Vol.IX-2, Agustus 2013*)
- Uji perendaman menggunakan air tawar dengan durasi rendaman selama 24 jam dan 48 jam dengan variasi suhu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C.
- Uji perendaman menggunakan air laut beserta variasi kadar garam 3,5%, 4,0%, 4,5% dengan durasi 24 jam dan 48 jam dengan variasi suhu 25°C, 30°C, 35°C, 40°C.
- Pengujian *Marshall* (Stabilitas dan *Flow*).
- Mengevaluasi hubungan antara hasil pengujian *Marshall* yang diperoleh dengan standar nilai *Marshall*, khususnya nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* sesuai

Spesifikasi Umum Kementerian Pekerjaan Umum, Divisi 6, tahun 2010 revisi 2

- Analisa hasil pengujian Marshall untuk nilai stabilitas, *flow*, dan *Marshall Quotient* antara perendaman menggunakan air tawar dengan perendaman menggunakan air laut.

**TINJAUAN PUSTAKA**

**Campuran Beraspal Panas**

Campuran beraspal panas (*hotmix*) adalah suatu kombinasi campuran antara agregat dan aspal. Dalam campuran beraspal, aspal berfungsi sebagai bahan pengikat antar partikel agregat.

Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil. Umumnya hanya 4%-10% berdasarkan volume, namun mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu:

1. Sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan antara rongga aspal itu sendiri.
2. Bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.
3. Membuat jalan kedap air.
4. Menambah stabilitas.

Beberapa jenis campuran beraspal panas yang umum digunakan di Indonesia antar lain:

- AC (*Asphalt Concrete*) atau Laston (lapis aspal beton)
- HRS (*Hot Rolled Sheet*) atau Lataston (lapis tipis aspal beton)
- HRSS (*Hot Rolled Sand Sheet*) atau Latasir (lapis tipis aspal pasir)

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakan di tanah dasar yang telah dipadatkan. Secara umum lapisan tersebut antara lain lapisan permukaan, lapisan pondasi atas dan lapisan pondasi bawah.

Lapisan permukaan (*surface course*) berfungsi sebagai:

1. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
2. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh tidak meresap langsung ke lapisan dibawahnya dan melelehkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menerima gesekan akibat rem kendaraan sehingga menjadi aus.
4. Lapisan yang mendistribusikan beban ke lapisan dibawahnya, sehingga dapat dipikul

oleh lapisan yang lebih baik.

Gradasi agregat yang digunakan adalah Laston dengan jenis campuran lapis aus (AC-WC) bergradasi kasar yang berpedoman kepada Spesifikasi Baru Campuran Beraspal Panas Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga 2010 Revisi 2.

Tabel 1. Spesifikasi Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis Antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)	Min	5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Pencampuran aspal (%)	Maks	1,2					
Jumlah ton/bakul per bidang		75				112 <sup>(1)</sup>	
Rongga dalam campuran (%) <sup>(1)</sup>	Min	3,0					
	Maks	5,0					
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	13		14		13	
Rongga Terisi Aspal (%)	Min	45		43		60	
Stabilitas Marshall (kg)	Min	800				1800 <sup>(1)</sup>	
Pelelehan (mm)	Min	3				4,5 <sup>(1)</sup>	
Marshall Quotient (kg/mm)	Min	250				300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C <sup>(1)</sup>	Min	90					
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan standar (refusal) <sup>(1)</sup>	Min	2					

Sumber: Kementerian PU DIRJEN Bina Marga 2010 Revisi 2.

**Agregat**

Secara umum 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 yang merupakan komponen utama lapisan perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat terhadap berat atau 75-85% terhadap volume.

Tabel 2. Ketentuan Pemeriksaan Awal

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

Sumber: Spesifikasi khusus campuran beraspal panas 2010

**Aspal**

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*). Umumnya persentase aspal hanya 4-10% terhadap volume campuran, namun mempunyai fungsi yang sangat penting, yaitu:

1. Aspal sebagai bahan pengikat, agar agregat tidak lepas dan tidak mudah terkelupas akibat beban lalu lintas sehingga aspal dapat memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat.

Tabel 3. Ketentuan Pemeriksaan Lanjutan

Sifat-sifat material / bahan	Persyaratan
Agregat	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%
Agregat	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%
Agregat Halus	
a. Abu batu	
-Berat jenis bulk	-
-Berat jenis ssd	-
-Berat jenis apparent	-
-Penyerapan	Maks. 3%

Sumber: Spesifikasi khusus campuran beraspal panas 2010

2. Aspal sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori dari agregat.
3. Aspal membuat jalan kedap air untuk melindungi lapisan perkerasan dibawahnya dari pengaruh air.

Agar aspal dapat berfungsi seperti yang diharapkan, maka secara umum aspal harus memiliki karakteristik sebagai berikut:

- a. Aspal homogen dan tidak terlalu bervariasi
- b. Aspal tidak peka terhadap perubahan suhu di lapangan
- c. Aspal harus memberikan lapisan yang elastis atau tidak getas sehingga perkerasan tidak mudah retak.
- d. Aspal aman saat pengerjaan terutama dari bahaya kebakaran
- e. Aspal tidak cepat rapuh atau lapuk akibat penuaan
- f. Aspal mempunyai adhesi (kelekatan) yang baik terhadap agregat yang dilapisi
- g. Aspal mudah dikerjakan
- h. Aspal sesuai dengan kondisi daerah yang bersangkutan
- i. Aspal harus dapat melapisi agregat dan mengisi rongga antar agregat sehingga perkerasan cukup kedap terhadap air
- j. Aspal memberikan kinerja yang baik terhadap campuran beraspal.

Karakteristik aspal tersebut menjadi latar belakang adanya ketentuan yang diatur dalam spesifikasi. Beberapa ketentuan dan pengujian aspal berikut bertujuan untuk menjamin tercapainya karakteristik aspal yang dibutuhkan:

1. Pengambilan sampel aspal untuk bahan uji
2. Pengujian penetrasi
3. Pengujian titik lembek
4. Pengujian daktilitas
5. Pengujian titik nyala dan titik bakar

Metode atau prosedur pengujian-pengujian yang disebutkan diatas, diatur dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) untuk tiap jenis pengujian.

### Stabilitas

Didalam campuran beton aspal yang paling utama adalah cukupnya stabilitas yang dapat menahan deformasi dan kelelahan plastis yang diakibatkan oleh beban statis dan dinamis oleh lalu lintas sehingga tidak layak menimbulkan bekas roda, keriting dan penurunan atau kenaikan pada permukaan perkerasan jalan. Spesifikasi stabilitas untuk perkerasan bergantung pada jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Stabilitas terjadi dari hasil gesekan antar butir, penguncian antar partikel dan daya ikat yang lebih baik dari aspal. Nilai stabilitas dinyatakan dalam kg atau KN.

### Kelelahan Plastis (*Flow*)

Kelelahan plastis (*flow*) adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh, yang dinyatakan dalam mm atau inch. Nilai kelelahan yang tinggi memberikan ciri campuran yang plastis disebabkan kadar aspal yang tinggi. Sedangkan jika nilai kelelahan amat rendah akan memberikan ciri campuran yang kaku disebabkan kadar aspal yang rendah.

### Marshall Quotient

*Marshall Quotient* adalah perbandingan antara stabilitas dengan kelelahan plastis yang dinyatakan dalam kg/mm. Campuran dengan stabilitas tinggi dan kelelahan plastis yang rendah menghasilkan nilai *MQ* yang tinggi dan menunjukkan campuran tersebut kaku, sehingga perkerasan mudah mengalami perubahan bentuk jika mengalami beban lalu lintas, seperti potensial terhadap retak. Sebaliknya campuran dengan stabilitas yang rendah dengan kelelahan plastis yang tinggi menghasilkan *MQ* rendah, sehingga cenderung plastis dan tidak stabil.

### Air Laut

Air laut adalah kumpulan air asin yang sangat banyak dan luas di permukaan bumi yang memisahkan dan menghubungkan suatu benua dengan benua lainnya dan suatu pulau dengan pulau lainnya.

Laut merupakan wilayah yang paling luas di permukaan bumi, dengan luas mencapai 70% dari seluruh permukaan dunia, dan memiliki sifat korositas yang sangat agresif. Secara umum derajat keasaman air laut berkisar antara 8,2 sampai dengan 8,4 dimana mengandung air sebanyak 96,5%, sedangkan material terlarut dalam bentuk molekul dan ion sebanyak 3,5%. Material yang terlarut tersebut 89% terdiri dari garam chlor sedangkan sisanya 11% terdiri dari unsur-unsur lainnya.

Garam-garaman utama yang terdapat dalam air laut adalah klorida (55%), natrium (31%), sulfat (8%), magnesium (4%), kalsium (1%), dan sisanya (kurang dari 1%) terdiri dari bikarbonat, bromide, asam borak, strontium, dan florida. Tiga sumber utama garam-garaman di laut adalah pelapukan batuan di darat, gas-gas vulkanik, dan sirkulasi lubang-lubang hidrotermal (*hydrothermal vents*) di laut dalam.

Beberapa hal yang menyebabkan air laut sangat bersifat agresif dan sangat merusak adalah sebagai berikut :

1. Air laut merupakan elektrolit yang memiliki sifat konduktivitas tinggi.
2. Mempunyai kandungan oksigen terlarut yang tinggi.
3. Temperatur permukaan air laut umumnya tinggi.
4. Ion klorida yang terkandung pada air laut merupakan ion agresif.

Air laut yang digunakan sebagai air rendaman benda uji marshall diambil dari air laut di jalan trans Sulawesi di pantai Mokupa yang mempunyai kandungan salinitas permukaan 3,31% sampai 3,46% per 1 liter air laut dan mempunyai suhu permukaan sebesar 28,0°C sampai 29,7°C.

### METODOLOGI PENELITIAN

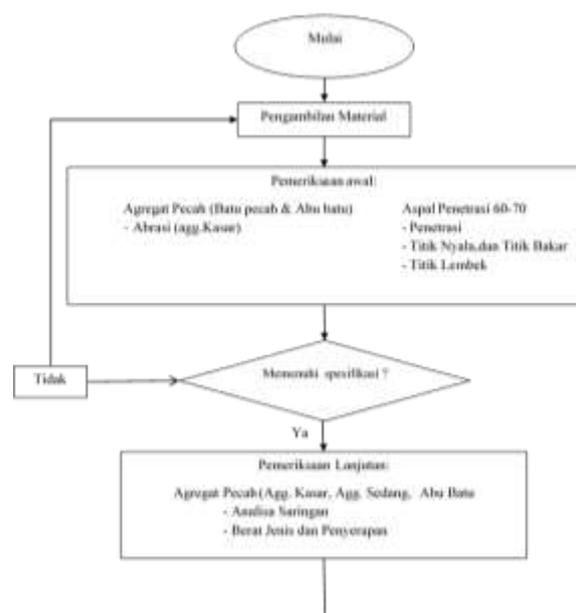
Mengawali penelitian ini maka dilakukan pengambilan sampel agregat dan aspal yang diambil dari daerah Lolak, Kotamobagu. Dipilih sumber tersebut, karena material tersebut sudah digunakan dalam berbagai jenis penelitian maupun dalam realisasi pekerjaan di lapangan.

Setelah mengambil sampel agregat maka dilakukan pengujian agregat dan aspal kembali untuk diperiksa sesuai standar Kementrian PU DIRJEN Bina Marga 2010 Revisi 2. Setelah pemeriksaan agregat dan aspal maka tahap selanjutnya membuat komposisi material yang akan digunakan dalam pembuatan benda uji *Marshall*, diikuti dengan pengujian *Marshall* untuk mendapatkan kadar aspal optimum sebagai acuan penggunaan kadar aspal pada pembuatan benda uji selanjutnya.

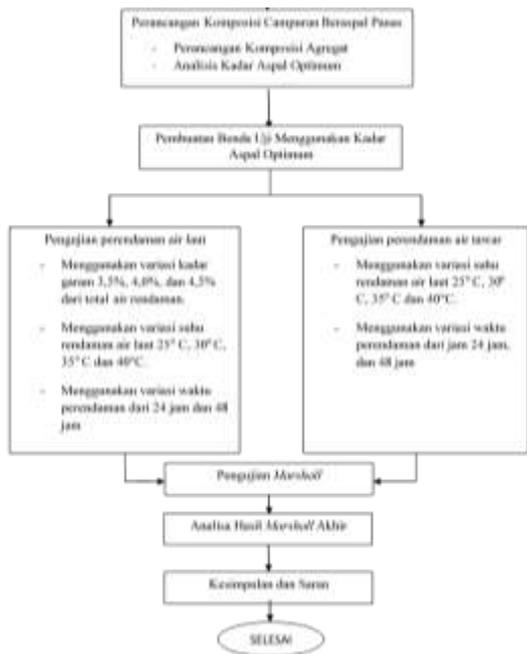
Peneliti menggunakan air laut sebagai air rendaman dalam pengujian rendaman yang diambil di jalan trans Sulawesi, di pantai Mokupa yang mempunyai kadar salinitas permukaan air lautnya berkisar 3,31% sampai 3,46% per satu liter air laut. Selanjutnya setelah mendapatkan komposisi material dan kadar aspal terbaik maka dibuat benda uji sesuai dengan ketentuan teknis, benda uji tersebut akan digunakan untuk proses pengujian *Marshall* setelah perendaman benda uji dalam air tawar dan air laut yang mempunyai variasi kadar garam untuk air laut, variasi suhu, dan variasi durasi perendaman.

Setelah pengujian perendaman dilakukan maka dilanjutkan pengujian Marshall untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*). Dari nilai-nilai stabilitas dan kelelahan yang diperoleh akan dianalisa, dievaluasi dan mengambil kesimpulan seberapa besar pengaruh air laut terhadap perkerasan aspal AC-WC.

Untuk menjabarkan metode ini, disajikan dalam bentuk *flow chart* dibawah ini:



Gambar 2. Flow Chart Penelitian



Gambar 2. Flow Chart Penelitian (lanjutan)

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Pemeriksaan Bahan Pembentuk Campuran

Hasil pemeriksaan awal terhadap material bisa dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil pemeriksaan awal terhadap material

Sifat-sifat material/bahan	Hasil Pemeriksaan	Persyaratan
<ul style="list-style-type: none"> <li>Lolak</li> </ul>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregat Kasar</li> <li>- Abrasi (keausan)</li> </ul>	20,26%	Maks. 40%
<ul style="list-style-type: none"> <li>Aspal</li> </ul>		
a. Penetrasi	67,9	60 – 70
b. Titik lembek	48	Min. 48
c. Titik Nyala	270	Min.232
d. Titik bakar	290	-

Tabel 5. Hasil Pemeriksaan Lanjutan

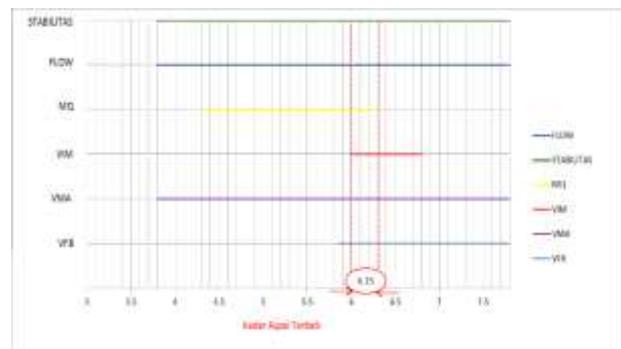
Sifat-sifat material/bahan	Hasil Pemeriksaan	Persyaratan
<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregat Kasar</li> <li>- Berat jenis <i>bulk</i></li> <li>- Berat jenis SSD</li> <li>- Berat jenis <i>apparent</i></li> <li>- Penyerapan</li> </ul>	2,56 2,62 2,72 2,18%	- - Min. 2,5 Maks. 3,0%
<ul style="list-style-type: none"> <li>Agregat Sedang</li> <li>- Berat jenis <i>bulk</i></li> <li>- Berat jenis SSD</li> <li>- Berat jenis <i>apparent</i></li> <li>- Penyerapan</li> </ul>	2,58 2,64 2,74 2,20%	- - Min. 2,5 Maks. 3,0%
<ul style="list-style-type: none"> <li>Abu Batu</li> <li>- Berat jenis <i>bulk</i></li> <li>- Berat jenis SSD</li> <li>- Berat jenis <i>apparent</i></li> <li>- Penyerapan</li> </ul>	2,57 2,61 2,67 1,48%	- - Min. 2,5 Maks. 3,0%

Tabel 6. Hasil perhitungan komposisi agregat gabungan Lolak

Ukuran Saringan		% Berat Lolos Terhadap Total Agregat Dalam Campuran Laston (AC- WC) Gradasi Kasar	
ASTM (mm)	(inch)	Komposisi agregat gabungan	Spesifikasi
25,00	1'	100	100
19,00	3/4'	100	100
12,50	1/2'	90,41	90 – 100
9,50	3/8'	82,93	72 – 90
4,75	# 4	55,58	43 – 63
2,36	# 8	32,40	28 – 39,1
1,18	# 16	21,24	19 – 25,6
0,60	# 30	15,24	13 – 19,1
0,30	# 50	11,48	9 – 15,5
0,15	# 100	8,96	6 – 13
0,075	# 200	6,84	4 – 10

Tabel 7. Rekapitulasi hasil perhitungan Marshall test

Kadar Aspal (%)	Berat Jenis Max	Berat Jenis Bulk Campuran	Stabilitas (kg)	Flow (mm)	Marshall Quotient (kg/mm)
3,8	2,550	2,238	852,30	3,78	225,28
4,8	2,512	2,301	1134,98	4,30	264,15
5,8	2,475	2,332	1302,39	4,85	268,46
6,8	2,439	2,350	1286,06	5,68	226,61
7,8	2,404	2,339	1071,94	6,25	171,50



Gambar 3. Grafik rentang kadar aspal terbaik untuk campuran AC-WC

#### Campuran dengan Variasi Suhu, Durasi Perendaman, Variasi Kadar Garam

##### Perendaman Air Tawar

Berikut ini merupakan tabel variasi suhu dan durasi perendaman dengan nilai Stabilitas, Kelelehan (flow) dan Marshall Quotient (MQ).

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC dengan Variasi Suhu dan Durasi Perendaman Air Tawar (Lolak)

Variasi Suhu	Durasi Rendaman (Jam)	Stabilitas (Kg)	Kelelahan (mm)	MQ (Kg/mm)
25°C	24	1811.14	4.58	395.13
	48	1726.25	4.78	360.89
30°C	24	1763.78	5.08	347.02
	48	1676.71	5.28	317.56
35°C	24	1712.48	5.49	311.91
	48	1564.90	5.70	274.38
40°C	24	1606.58	5.93	270.77
	48	1430.91	6.16	232.29

**Perendaman Air Laut**

Setelah pengujian perendaman air tawar dan *Marshall Test*, maka dilanjutkan dengan pengujian perendaman air laut menggunakan variasi suhu, durasi perendaman, dan variasi kadar garamnya yang dilanjutkan dengan *Marshall Test*. Berikut ini merupakan tabel variasi suhu dan durasi perendaman dengan nilai Stabilitas, Kelelahan (*flow*) dan *Marshall Quotient (MQ)*.

Tabel 9. Rekapitulasi Data Stabilitas Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC Dengan Variasi Suhu, Durasi Perendaman, dan Variasi Kadar Garam Air Laut

Suhu °C	Stabilitas Air Laut 24 Jam (kg)		
	3.5% Garam	4.0% Garam	4.5% Garam
40	1334.30	1442.40	1515.88
35	1538.26	1626.48	1663.01
30	1647.42	1694.80	1724.51
25	1686.21	1746.10	1782.85

Suhu °C	Stabilitas Air Laut 48 Jam (kg)		
	3.5% Garam	4.0% Garam	4.5% Garam
40	1126.22	1133.60	1148.85
35	1399.66	1431.61	1461.54
30	1603.10	1613.40	1629.34
25	1645.71	1666.56	1682.67

Tabel 10. Rekapitulasi Data Kelelahan (*Flow*) Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC Dengan Variasi Suhu, Durasi Perendaman, dan Variasi Kadar Garam Air Laut

Suhu °C	Flow Air Laut 24 Jam (mm)		
	3.5% Garam	4.0% Garam	4.5% Garam
40	6.04	6.56	7.00
35	5.64	6.14	6.40
30	5.21	5.53	5.79
25	4.70	5.01	5.23

Suhu °C	Flow Air Laut 48 Jam (mm)		
	3.5% Garam	4.0% Garam	4.5% Garam
40	6.25	6.88	7.24
35	5.93	6.40	6.72
30	5.45	5.61	5.99
25	4.85	5.11	5.38

Tabel 11. Rekapitulasi Data *Marshall Quotient (MQ)* Hasil Pengujian *Marshall* Pada Campuran AC-WC Dengan Variasi Suhu, Durasi Perendaman, dan Variasi Kadar Garam Air Laut

Suhu °C	MQ Air Laut 24 Jam (Kg/mm)		
	3.5% Garam	4.0% Garam	4.5% Garam
40	220.91	219.77	216.45
35	272.94	265.04	259.84
30	316.41	306.29	297.77
25	359.02	348.43	340.82

Suhu °C	MQ Air Laut 48 Jam (Kg/mm)		
	3.5% Garam	4.0% Garam	4.5% Garam
40	180.19	164.69	158.68
35	235.90	223.57	217.38
30	293.97	287.42	271.83
25	339.41	326.35	312.96

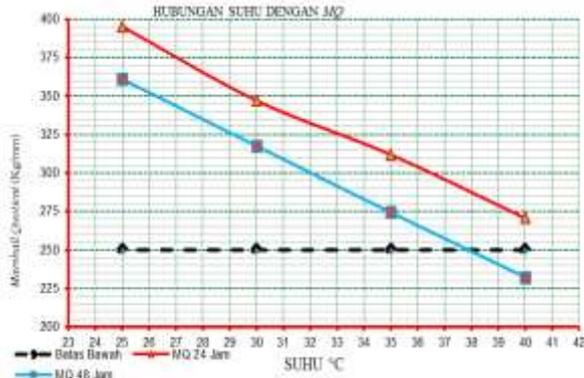
**Hubungan Stabilitas, *Flow*, *Marshall Quotient* dengan Variasi Suhu dan Durasi Perendaman Menggunakan Air Tawar**



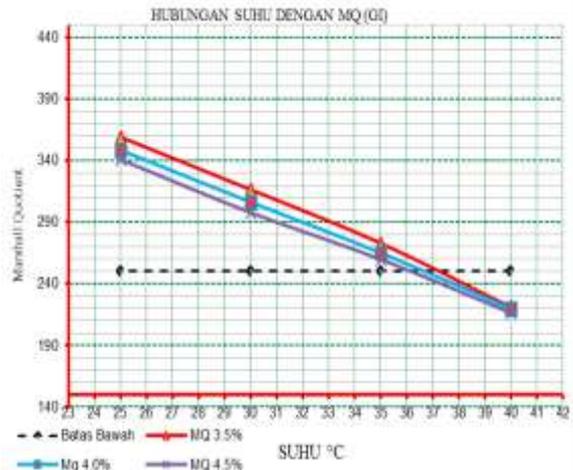
Gambar 4. Hubungan Variasi Suhu dengan Stabilitas Air Tawar



Gambar 5. Hubungan Variasi Suhu dengan Flow Air Tawar

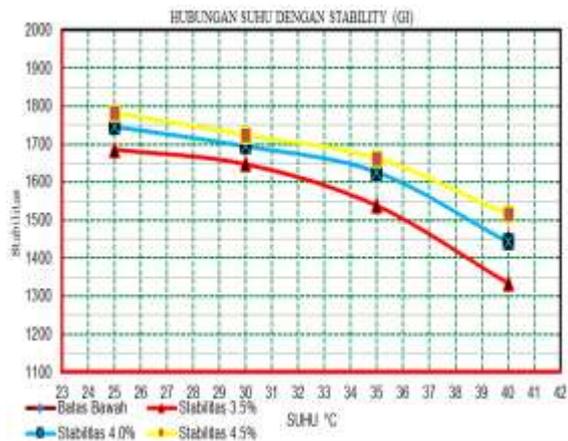


Gambar 6. Hubungan Variasi Suhu dengan Marshall Quotient Air Tawar

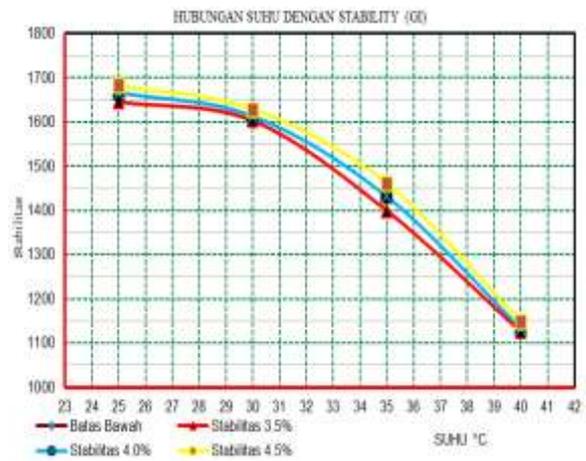


Gambar 9. Hubungan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam dengan Marshall Quotient Dalam Perendaman Air Laut Selama 24 Jam

**Hubungan Stabilitas, Flow, Marshall Quotient dengan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam, dan Durasi Perendaman Menggunakan Air Laut**



Gambar 7. Hubungan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam dengan Stabilitas Dalam Perendaman Air Laut Selama 24 Jam



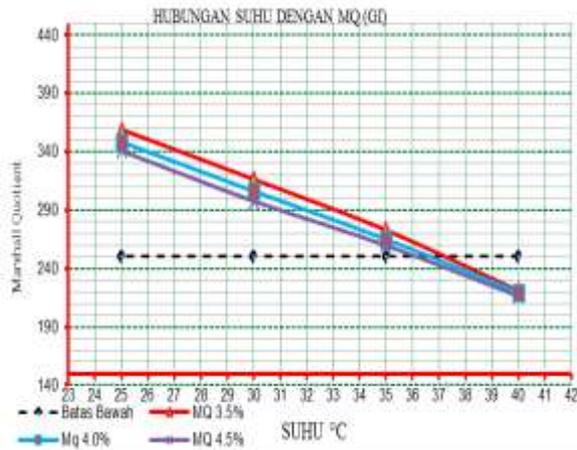
Gambar 10. Hubungan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam dengan Stabilitas Dalam Perendaman Air Laut Selama 48 Jam



Gambar 8. Hubungan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam dengan Flow Dalam Perendaman Air Laut Selama 24 Jam



Gambar 11. Hubungan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam dengan Flow Dalam Perendaman Air Laut Selama 48 Jam



Gambar 12. Hubungan Variasi Suhu, Variasi Kadar Garam dengan Marshall Quotient Dalam Perendaman Air Laut Selama 24 Jam

## PENUTUP

### Kesimpulan

Setelah melakukan pengujian, mengevaluasi, dan menganalisa hasil pengujian test *Marshall* pada 2 jenis perendaman, perendaman air tawar dan perendaman air laut yang disertai variasi suhu, variasi kadar garam, dan variasi durasi perendaman, secara umum dapat dilihat bahwa air laut lebih mempengaruhi nilai stabilitas dan kelelahan (*Flow*)

dibandingkan dengan air tawar pada kinerja campuran beraspal panas, jadi dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Hasil perbandingan perendaman air tawar dengan perendaman air laut menunjukkan adanya penurunan nilai stabilitas pada perendaman air laut 24 jam yang berkisar antara 6,597% (25°C, 3,5% kadar garam) sampai pada perendaman air laut 48 jam sebesar 29,900% (40°C, 3,5% kadar garam).
2. Adanya peningkatan nilai kelelahan (*Flow*). Dengan nilai terendah 4,58 mm dan nilai tertinggi 6,16 mm pada perendaman air tawar. Sedangkan pada perendaman air laut mendapatkan nilai 4,70 mm untuk nilai terendah dan 7,24 mm untuk nilai tertinggi.
3. Hasil perbandingan menunjukkan penurunan pada nilai *Marshall Quotient (MQ)* sebesar 8,882% sampai 20,061% pada perendaman air laut selama 24 jam dan sebesar 14,100% sampai 41,397% pada perendaman air laut selama 48 jam.

### Saran

Berdasarkan kesimpulan yang didapatkan, maka disarankan sebagai berikut: Konstruksi jalan dengan campuran AC-WC jangan terendam air laut lebih dari 2 hari (48 jam), karena pada pengujian perendaman air laut selama 48 jam terjadi penurunan nilai stabilitas yang signifikan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2001. Buku Besar Laboratorium Rekayasa Jalan Jurusan Teknik Sipil ITB. Bandung,
- Anonimous, 2007. MODUL.Training Of Trainer (TOT).BALITBANG-PU dengan DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
- Agung Hari Prabowo, 2003. Pengaruh Rendaman Air Laut Pasang (ROB) Terhadap Kinerja Laston (HRS-WC) Berdasarkan Uji Marshall dan Uji Durabilitas Modifikasi. Jurnal Skripsi Universitas Diponegoro.
- Kalangi, P.NI. 2013.“Sebaran Suhu dan Salinitas di Teluk Manado”. Jurnal Perikanan dan Kelautan Tropis XI-2
- Rahim. A.Pengaruh Air Laut Terhadap Karakteristik Perkerasan Aspal Porus Yang Menggunakan Asbuton Sebagai Bahan Pengikat.Jurnal skripsi.Universitas Hasanuddin Makassar.
- Riyadi. A., 2011. Pengaruh Air Rob Terhadap Karakteristik Campuran Laston Modifikasi Untuk Lapis Permukaan (ACWC-Modified).Jurnal skripsi.Universitas Indonesia.
- Sukirman, S. 1992. Perkerasan Lentur Jalan Raya.Penerbit ANOVA, Bandung