



Research Articles

Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal Dingin dengan Asbuton Akibat Dari Penggunaan Aditif *Wetfix-BE*

Marshall Characteristics of Cold Asphalt Mixtures with Asbuton Due to the Use of *Wetfix-BE* Additives

I Gede Mardawa^{1*}, Ervina Ahyudanari², Suryawan Murtiadi¹

¹Magister Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Mataram

²Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya

**corresponding author, email: gmardawa@yahoo.com*

Manuscript received: 24-04-2020. Accepted: 29-05-2020

ABSTRAK

Provinsi Nusa Tenggara Barat terdiri dari dua pulau utama yaitu Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa. Kondisi ruas Jalan Kabupaten di Pulau Lombok, terutama jalan pedesaan, banyak mengalami kerusakan akibat kurangnya pemeliharaan rutin. Jenis kerusakan yang terjadi adalah retakan, lubang kecil, dan bahkan kubangan besar yang membahayakan pengguna jalan. Penelitian ini bertujuan mendapatkan campuran material baru guna memperoleh metode perbaikan yang mudah dan cepat tanpa mengurangi mutu dan umur rencana jalan. Selama ini perbaikan dengan CAD (campuran aspal dingin) membutuhkan waktu pemeraman selama 3x24 jam untuk mencapai kualitas standar material dengan karakteristik *Marshall* sesuai Spesifikasi Bina Marga 2010. Penelitian ini mengkombinasi CAD dengan menggunakan BP (bahan peremaja) dan aditif *Wetfix-BE* untuk mendapatkan hasil optimal tanpa proses pemeraman. BP yang dipakai adalah campuran aspal, kerosene, dan bunker oil diaduk dalam mesin pencampur menjadi satu kesatuan. Hasil penelitian menunjukkan kadar optimum campuran adalah 0.3% aditif *wetfix-be*, 4.50% BP dalam CAD dengan 25% proporsi asbuton. Pada uji kelelahan (*fatigue*) dengan beban berulang (*cyclic loading*) 100 kPa didapatkan hasil campuran perkerasan tersebut mampu dilewati truk bermuatan penuh secara berulang sebanyak 7731 kali. Kesimpulannya, kombinasi campuran ini mampu mempercepat waktu pengikatan aspal dengan pembuatan briket sesuai Spesifikasi Bina Marga 2010 tanpa melalui proses pemeraman yang lama.

Kata kunci: spesifikasi bina marga; kerusakan jalan; kelelahan; beban berulang

ABSTRACT

West Nusa Tenggara Province consists of two main islands namely Lombok and Sumbawa. Regency Roads on Lombok Island, especially rural roads, has been severely damaged due to lack of routine maintenance. The types of damage that occur are cracks, small holes, and even large pools that endanger road users. This study aims to obtain a mixture of new materials in order to obtain an easy and fast repair method without reducing the quality during its intended life. In the meantime, repairing with CAD (cold asphalt mixture) requires curing time of 3x24 hours to achieve standard material quality with Marshall Characteristics according to the 2010 Bina Marga Specifications. This study combines

CAD using BP (rejuvenating agent) and Wetfix-BE additive to get optimal results without curing process. The BP used is asphalt mixture, kerosene, and bunker oil stirred in a mixing machine into one unit. The results showed the optimum concentration of this mixture was 0.3% wet-be additive, 4.50% BP in CAD with asbuton proportion of 25%. In the fatigue test with a cyclic loading of 100 kPa, the pavement mixture is able to resist a fully loaded truck of 7731 times. In conclusion, this mixture combination is able to speed up the asphalt binding time by making briquettes according to the 2018 Highways Specifications without going through the long curing process.

Keyword: bina marga specifications; road damage; fatigue loading; cyclic loading

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jaringan jalan dengan presentase 82.1 % Jalan Kabupaten/Kota, 9.8% Jalan Provinsi dan 8.1 % Jalan Nasional. Provinsi Nusa Tenggara Barat sendiri memiliki infrastruktur jalan yang sebagian besarnya sudah menggunakan perkerasan aspal. Pada tahun 2017 jaringan jalan provinsi Nusa Tenggara Barat yang terdiri dari dua pulau yaitu Pulau Lombok dan Pulau Sumbawa memiliki data nilai kemantapan jalan sebesar 77.16%. Jaringan jalan tersebut terdiri dari 132.406 kilometer Jalan Nasional dan 1.484,43 kilometer Jalan Provinsi. Seiring dengan perkembangan teknologi sarana transportasi maka harus diiringi dengan peningkatan kapasitas jalan baik dengan pemeliharaan, peningkatan maupun pembangunan jalan baru (Alamsyah, 2012 dan Wikarga, dkk., 2017).

Kondisi jalan di Pulau Lombok terutama pada ruas Jalan Kabupaten (termasuk Pedesaan) banyak mengalami kerusakan akibat kurang adanya pemeliharaan rutin. Hal ini menyebabkan terjadinya lubang-lubang kecil, retakan, bahkan kubangan yang dapat menimbulkan kecelakaan bagi pengguna jalan. Untuk mengantisipasi kerusakan yang lebih parah dibutuhkan metode perbaikan yang relatif mudah tanpa mengurangi mutu dan umur rencana. Selama ini perbaikan dilakukan dengan CAD (campuran aspal dingin) yang membutuhkan waktu pemeraman selama 3x24 jam untuk mendapatkan material kualitas standar. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan campuran material baru guna memperoleh metode perbaikan yang mudah dan cepat tanpa mengurangi mutu dan umur rencana jalan. Material baru diharapkan mempunyai karakteristik *Marshall* sesuai Spesifikasi Bina Marga Revisi 3 (Departemen Pekerjaan Umum, 2010). Standar ini juga sesuai dengan spesifikasi yang disarankan oleh Mampearachchi, dkk. (2012) dan AASHTO (2013).

MPBJ (2009) menyatakan bahwa aspal pada lapis perkerasan jalan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak sehingga memberi kekuatan yang lebih besar dari kekuatan masing masing agregat. Kadar aspal yang optimum akan memberi ikatan yang baik dalam campuran karena rongga dalam campuran akan terisi aspal (Hardiyatmo, 2015 dan Nabilla, 2018). Aspal bersifat *thermoplastic* yang artinya viskositas akan berubah apabila temperaturnya berubah. Penggunaan aspal dalam CAD terlebih dahulu dipanaskan sebelum dicampur menjadi satu kesatuan didalam BP. Pada temperatur normal (*room temperature*) aspal sebagai bahan pengikat akan memberi ikatan secara maksimal, tetapi bila temperatur naik atau terlalu rendah daya ikatan akan berkurang. Aspal merupakan lem pada campuran beraspal panas maupun dingin (Alexander, dkk., 2016).

Sifat-sifat aspal sangat mempengaruhi perencanaan produksi dan kinerja campuran beraspal. Durabilitas aspal bertujuan untuk mengetahui seberapa baik aspal untuk

mempertahankan sifat sifat awalnya akibat proses penuaan. Walaupun banyak faktor yang menentukan, aspal dengan durability yang baik akan menghasilkan campuran dengan kinerja yang baik juga (SNI 2417, 2008). Sifat aspal lainnya adalah adesi dan kohesi. Adesi adalah kemampuan partikel aspal untuk melekatkan satu sama lainnya, dan kohesi adalah kemampuan aspal untuk melekat dan mengikat agregat. Sifat adesi dan kohesi aspal sangat penting diketahui dalam pembuatan campuran beraspal karena sifat ini sangat mempengaruhi kinerja dan durabilitas campuran. Uji daktilitas aspal adalah suatu uji kualitatif yang secara tidak langsung dapat digunakan untuk mengetahui tingkat adesifnes aspal keras. Uji penyelimutan aspal terhadap batuan merupakan uji kuantitatif yang digunakan untuk mengetahui daya lekat (kohesi) aspal terhadap batuan (SNI 2439, 2011). Masalah pengelupasan semakin bertambah ketika banyak pengaspalan yang berlangsung setelah hujan turun, sehingga agregat lapisan yang akan diaspal menjadi basah dan umumnya agregat basah akan menolak aspal. Hal tersebut membuat aspal mudah terlepas oleh air. Putra (2017) merekomendasikan salah satu alternatif untuk mengatasinya adalah menambahkan aditif *Wetfix-BE* dalam campuran.

Ketersediaan asbuton sebagai salah satu komponen CAD yang sangat berlimpah juga menjadi pertimbangan untuk melakukan penelitian ini. Pada Tahun 2006 Departemen Pekerjaan Umum melalui Direktorat Jenderal Bina Marga, mengeluarkan data terdapat deposit 650 Juta ton asbuton di Indonesia (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006). Jumlah yang sangat besar dan berlimpah ini menjadi pertimbangan untuk melakukan eksplorasi agar bahan tersebut bisa digali dan dipergunakan secara lebih efektif dan efisien. Berdasarkan uraian diatas maka perlu dilakukan penelitian penggunaan aditif *Wetfix-BE* sebagai bahan anti *stripping* pada CAD (Kholiq dan Hidayatullah, 2017).

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Semua bahan dan material yang digunakan dalam penelitian ini dapat dirinci dan dijelaskan sebagai berikut:

Bagan Peremaja (BP). Bahan peremaja (BP) merupakan kombinasi campuran dari aspal, kerosene, dan bunker oil (BO) diaduk dalam mesin pencampur menjadi satu kesatuan.

Aspal. Aspal yang dipakai adalah aspal curah penetrasi 60/70 Ex Pertamina dengan distributor penyalur adalah PT. Sarana Lombok Utama.

Kerosene. Kerosene yang sehari hari disebut minyak tanah adalah cairan hidrokarbon yang tak berwarna dan mudah terbakar. Kerosene diperoleh dengan cara distilasi fraksional dari petroleum pada suhu 150°C dan 275°C (rantai karbon C12 sampai C15).

Bunker Oil (BO). Berdasarkan jenisnya, menurut Boentarto (2003) bunker oil ini diklasifikasikan menjadi 2 yaitu:

1. Oli mineral terbuat dari *crude oil* yang mengandung bahan hidro karbon dan paraffin yang cukup tinggi.
2. Oli sintesis merupakan hasil perpaduan beberapa senyawa kimia. Oli sintesis lebih baik dari oli mineral karena bisa tahan bekerja pada suhu rendah dan suhu tinggi.

Aditif Wetfix-BE. Salah satu cara menanggulangi campuran aspal porus yang menyebabkan rendahnya usia layanan adalah dengan menambahkan zat aditif dalam campuran. Aditif anti pengelupasan (*stripping*) yang biasanya dipakai adalah *Wetfix-BE*. Aditif ini memiliki kandungan NH₂ (Amina) yang mampu meningkatkan kemampuan aspal mengikat agregat.

Asbuton B 5/20. Ada dua jenis kandungan didalam asbuton yaitu aspal (*bitumen*) dan mineral. Berdasarkan kandungan/kadar aspalnya asbuton dapat dibagi beberapa jenis. Namun yang dipakai dalam penelitian ini adalah type B 5/20.

Agregat. Agregat yang dipergunakan merupakan agregat pecah dari mesin pemecah batu (*Stone Crusher*) yang bersumber dari *quarry* batu andesit akibat letusan gunung Rinjani. Agregat pecah tersebut merupakan batuan padat dengan ukuran yang disesuaikan kebutuhan spesifikasi. Terdiri dari agregat kasar (AK), agregat medium (AM) dan agregat halus (AH) dengan ukuran saringan maksimum berturut-turut 3/4 inch, 1/2 inch dan No 4. Agregat dalam campuran ini merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan campuran aspal dingin, yaitu 70–75 % berdasarkan persentase berat atau 75–85% persentase volume.

Uji Properties Aspal Penetrasi 60/70

Pengujian dan pemeriksaan aspal sangat diperlukan untuk mengetahui kualitas aspal yang dipakai dalam penelitian ini. Terlihat pada hasil uji properti aspal penetrasi 60/70 yang disajikan pada Tabel 1 bahwa semua properti aspal memenuhi persyaratan Bina Marga.

Tabel 1. Hasil uji properti aspal penetrasi 60/70

No	Pengujian	Hasil	Syarat	Satuan
1	Penetrasi	62.4	60 – 70	Mm
2	Titik Lembek	51.5	≥ 48	°C
3	Daktilitas	140	≥ 100	Mm
4	Titik Nyala	308	≥ 232	°C
5	Berat Jenis	1.040	≥ 1.0	-
6	Kehilangan Berat	0.0484	≤ 0.8	% berat
7	Penetrasi Setelah Kehilangan Berat	55.2	≥ 54	Mm
8	Daktilitas Setelah Kehilangan Berat	130	≥ 100	Mm

Uji Properties Agregat.

Tujuan uji properti adalah untuk mengetahui apakah bahan material tersebut layak dipakai dalam rancangan campuran ini. Uji properties agregat meliputi: gradasi, keausan dengan mesin *Los Angeles Abrasion*, berat jenis, *clay lump*, penyerapan terhadap air, kelekatan aspal, indeks kepipihan, dan *sand equivalent*. Keseluruhan hasil uji properti agregat memenuhi standar spesifikasi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Properti Agregat

Pengetesan	Standar Tes	Hasil pemeriksaan	Spesifikasi
<i>Los Angeles Abrasion</i>	SNI 2417:2008	19.10%	Maksimum 40%
<i>Clay lump</i>	- CA 3/4"	0.20%	Maksimum 1%
	- CA 3/8"	0.23%	Maksimum 1%
	- FA	0.23%	Maksimum 1%
<i>Soundness test</i>	- CA 3/4"	3.86%	Maksimum 10%
	- CA 3/8"	4.29%	Maksimum 10%
	- FA	4.22%	Maksimum 10%
Kelekatan agregat terhadap aspal	SNI 2439:2008	98.75%	Minimum 95%
Indeks kepipihan agregat	ASTM D4791-10	2.80%	Maksimum 5%

Rancangan Campuran dan Jumlah Benda Uji

Rancangan campuran menggunakan aditif *Wetfix-BE* memakai variasi asbuton dari 22.5%, 25.0% dan 27.5% dengan kadar bahan peremaja (BP) dari 3.5%-5.5% terhadap total campuran. Kandungan aditif *Wetfix-BE* terhadap bahan peremaja (BP) dimulai dari 0.2%, 0.3% dan 0.4%. Sedangkan rancangan campuran tanpa aditif *Wetfix-BE* mengacu pada salah satu komposisi campuran yang menggunakan aditif *Wetfix-BE* yang telah diuji karakteristik Marshall yang sesuai dengan Spesifikasi Umum 2018. Jumlah total benda uji yang dibuat pada penelitian ini adalah 79 sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Aspal Dalam Campuran.

Dalam campuran aspal dingin dengan asbuton, kandungan aspalnya dapat dihitung dengan menjumlahkan kadar aspal didalam Bahan Peremaja (BP) dan aspal yang terkandung dalam asbuton B 5/20.

1. Bahan Peremaja (BP). Komposisi BP terdiri dari aspal penetrasi 60/70 = 63%, kerosene = 22% dan *BO* = 15%.
2. Asbuton B 5/20. Kandungan aspal dalam asbuton ini sesuai hasil ekstraksi adalah 19.83% sedangkan sisanya adalah berupa mineral halus.

Kandungan aspal total didalam campuran disajikan dalam Tabel 3. Terlihat pada tabel bahwa prosentase aspal total berkisar antara 7.0% - 8.6%. Hal ini menunjukkan bahwa kadar aspal masih memenuhi syarat minimum yang ditetapkan oleh Bina Marga.

Tabel 3. Kandungan Aspal Total dalam Campuran

Tahap	Proporsi campuran (%)		Kandungan aspal (%)		Aspal total (%)
	Asbuton	BP	BP	Asbuton	
1	25.0	3.50	5.0	2.2	7.2
1	25.0	4.00	5.0	2.5	7.5
1	25.0	4.50	5.0	2.8	7.8
1	25.0	5.00	5.0	3.2	8.1
1	25.0	5.50	5.0	3.5	8.4
2	22.5	4.00	4.5	2.5	7.0
2	22.5	4.50	4.5	2.8	7.3
2	22.5	5.00	4.5	3.2	7.6
3	27.5	4.00	5.5	2.5	8.0
3	27.5	4.50	5.5	2.8	8.3
3	27.5	5.00	5.5	3.2	8.6

Kombinasi dan Gradasi Agregat

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya. Ukuran butir agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Set saringan campuran aspal dingin pada umumnya terdiri dari saringan berukuran 3/4 inchi, 1/2 inchi, 3/8 inchi, No 4, No 8, No 50, dan No 200. Gradasi meliputi agregat kasar (AK), agregat Medium (AM), dan Agregat Halus (AH). Tabel 4 menunjukkan kombinasi agregat dalam campuran ini memenuhi spesifikasi.

Tabel 4 Kombinasi Agregat dalam Campuran

Nomer Saringan	Lolos Saringan (%)			Komposisi	Spesifikasi	Keterangan
	AK 3/4" (30.00%)	AM 3/8" (12.00%)	AH (58.00%)			
3/4 "	100	100	100	100	100	Memenuhi
1/2 "	82.8	100	100	94.8	90 - 100	Memenuhi
3/8 "	20.2	98.8	100	75.9	68 - 85	Memenuhi
# 4	2.3	40.0	100	63.5	45 - 70	Memenuhi
# 8	1.9	1.9	75.3	44.5	25 - 55	Memenuhi
# 16	1.8	1.4	51.1	30.4	-	-
# 30	1.7	1.3	41.7	24.8	-	-
# 50	1.6	1.2	32.3	19.4	5 - 20	Memenuhi
# 100	1.5	1.1	17.8	10.9	-	-
# 200	1.1	0.7	10.4	6.4	2 - 9	Memenuhi

Hasil Uji Marshall.

Pengujian *Marshall* untuk semua briket sesuai prosedur yang tertuang dalam Manual Pemeriksaan Material/Bahan Jalan (MPBJ, 2009) dengan alat yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Alat Pengujian *Marshall*

Pengujian volumetrik dan parameter *Marshall* untuk campuran aspal dingin antara lain:

1. Kepadatan campuran (*density*). Nilai kepadatan campuran (*density*) menunjukkan derajat kepadatan suatu campuran yang sudah dipadatkan.
2. Volume pori dalam agregat campuran (*VMA*). Menghitung banyaknya pori antara butiran agregat dalam campuran padat, termasuk rongga udara dan kadar aspal efektif.
3. Volume pori dalam campuran padat (*VIM*). Nilai *VIM* dapat mengindikasikan tingkat kekedapan campuran. Semakin besar rongga dalam campuran menunjukkan campuran makin kurang kedap terhadap udara dan air, sehingga campuran akan lebih mudah teroksidasi dan diresapi oleh air.
4. Volume pori antara butir agregat terisi aspal (*VFA*). Nilai *VFA* menunjukkan besarnya rongga yang dapat terisi aspal. Besarnya nilai *VFA* menentukan tingkat keawetan campuran. Semakin besar *VFA* berarti rongga yang terisi aspal semakin besar sehingga kekedapan campuran semakin besar.
5. Stabilitas *Marshall* dinyatakan dalam kg adalah nilai yang menunjukkan kemampuan perkerasan menahan beban tanpa terjadinya deformasi.
6. Kelelehan (*Flow*) adalah besarnya deformasi yang terjadi pada awal pembebanan sampai stabilitas menurun dari campuran beraspal akibat beban yang bekerja padanya.
7. *Marshall Quotient (MQ)* merupakan hasil bagi antara stabilitas dengan *flow*. Nilai *MQ* ini dapat mengindikasikan pendekatan terhadap kekakuan dan fleksibilitas dari suatu campuran.

Berdasarkan hasil pengujian *Marshall* pada rancangan campuran di atas dapat diklasifikasi menjadi 2 jenis rancangan campuran yaitu: campuran dengan aditif *Wetfix-BE* dan tanpa aditif. Untuk campuran dengan aditif *Wetfix-BE* terdiri dari 2 rancangan yaitu: tanpa pemeraman dan dengan pemeraman selama 3x24 Jam. Tabel 5 menunjukkan rangkuman uji *Marshall* untuk mengetahui pengaruh aditif *Wetfix-BE* dalam campuran.

Tabel 5. Rangkuman Hasil Uji *Marshall*

Uji <i>Marshall</i>	Jenis Rancangan Campuran			Spesifikasi
	Tanpa Aditif	Dengan Aditif	Dengan Aditif Pemeraman 3 x 24 jam	
<i>Unit Weight</i>	2.220	2.263	2.266	min 2.000
<i>Stability</i> (kg)	522.6	871.0	897.3	min 600
<i>Flow</i> (mm)	3.40	3.20	3.23	min 3.00
<i>MQ</i> (kg/mm)	154.0	272.3	277.9	min 250
<i>VIM</i> (%)	7.85	5.67	5.55	4 - 6
<i>VMA</i> (%)	20.65	20.14	20.03	min 18
<i>VFA</i> (%)	61.96	71.84	72.31	min 65

Rangkaian hasil uji *Marshall* pada Tabel 5 membuktikan adanya pengaruh aditif *Wetfix-BE* terhadap volumetrik dan parameter *Marshall* sebagai berikut:

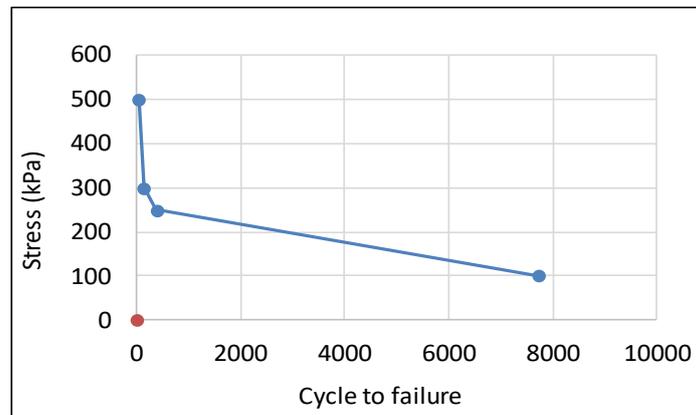
1. Berat isi (*Unit Weight*) pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.
2. Stabilitas pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.
3. Kelelahan (*Flow*) pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.
4. *Marshall Quotient (MQ)* pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.
5. Volume pori dalam campuran padat (*VIM*) pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.
6. *VMA* pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.
7. *VFA* pada uji *Marshall* memakai aditif *Wetfix-BE* tanpa pemeraman dan dengan pemeraman 3 x 24 jam relatif sama memenuhi spesifikasi.

Ujian Kelelahan (Fatigue Test)

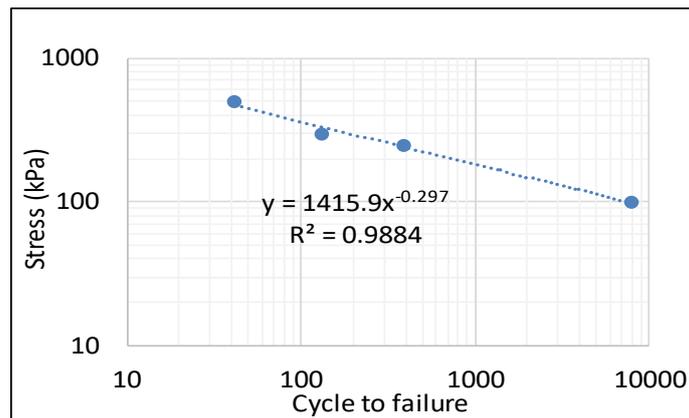
Pengujian kelelahan (*fatigue test*) adalah pengujian keretakan/keruntuhan yang diakibatkan oleh regangan atau tegangan yang berulang ulang. Pengujian dilakukan pada temperatur 20°C dengan membebani sampel sampai runtuh. Pada pengujian ini dapat dilihat bahwa tegangan tarik yang diaplikasikan pada benda uji terdiri dari 4 variasi tingkat tegangan yaitu 100 kPa, 250 kPa, 300 kPa dan 500 kPa yang semakin kecil tegangan yang diaplikasikan maka semakin besar jumlah pengulangan beban yang dibutuhkan hingga mengalami keruntuhan.

Hubungan linier terjadi antara tegangan dan regangan, semakin besar tegangan yang diberikan maka semakin besar pula regangan yang terjadi. Hubungan jumlah pengulangan beban dengan tegangan disajikan pada Gambar 2 dan interpolasinya pada Gambar 3. Sedangkan Gambar 4 menunjukkan alat pengujian kelelahan (*fatigue test*) pada campuran ini.

Berdasarkan hasil pengujian, setelah tingkat tekanan dikonversi menjadi satuan berat dengan 100 kPa sama dengan 10.20 ton/m², pada tingkat tegangan tersebut menghasilkan siklus pengulangan beban sebesar 7731 kali. Hal ini menunjukkan bahwa campuran perkerasan tersebut dapat dilewati truk bermuatan penuh secara berulang sebanyak 7731 kali.



Gambar 2. Grafik hubungan *cycle* dengan tegangan (*stress*)



Gambar 3. Interpolasi hubungan *cycle* dengan tegangan (*stress*)



Gambar 4. Alat pengujian kelelahan (*fatigue test equipment*)

KESIMPULAN

Aditif *Wetfix-BE* dalam campuran aspal dingin dengan asbuton mampu mempercepat waktu pengikatan aspal yang terkandung didalam asbuton terhadap agregat. Efek negatif dari air dan kelembaban juga dapat diatasi dengan menghasilkan permukaan berdaya lekat tinggi saat dimulainya proses pembuatan briket (sampel benda uji) tanpa melalui proses pemeraman 3 x 24 jam.

Semua hasil uji volumetrik dan parameter *Marshall* pada penelitian ini memenuhi Standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2010. Dari hasil ini dapat disarankan bahwa penggunaan aditif *Wetfix-BE* sangat direkomendasikan sebagai material yang ditambahkan pada campuran aspal dingin untuk perbaikan jalan.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Udayana atas dukungan fasilitasnya

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO. 2013. Standard Specifications for Transportation Materials and Methods of Sampling and Testing. The 17th edition of the AASHTO Provisional Standards. The American Association of State Highway and Transportation. Washington DC.
- Alamsyah, A.A. 2012. Korelasi Antara Penambahan Aspal Minyak Pada Campuran Perkerasan Aspal Beton Hasil Daur Ulang Terhadap Karakteristik Marshall. *Jurnal Gamma*. 8(1): 132-139.
- Alexander, K., Prasetyo, T., Wulandari, P.S., Patmadjaja, H. 2016. Analisa Karakteristik dan Aplikasi Campuran Aspal Emulsi Dingin dengan Spesifikasi Campuran Aspal Panas. *Jurnal Dimensi Pratama Teknik Sipil*. 5(1):1-8.
- Boentarto. 2003. Panduan Praktis Tune Up Mesin Mobil. Cetakan Kedua. Penerbit: Kawan Pustaka. Jakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum. 2010. Spesifikasi Umum Bina Marga Revisi 3. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2006. Pemanfaatan Asbuton No: 001 – 01 / BM / 2006. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Hardiyatmo, H.C. 2015. Pemeliharaan Jalan Raya: Perkerasan, Drainase Longsor. Edisi Kedua. Gadjahmada University Press.
- Kholiq, A. dan Hidayatullah, T. 2017. Penggunaan Bahan Additive *Wetfix-BE* Sebagai Bahan Tambahan Pada Lapis Permukaan AC-WC, Bentang: *Jurnal Teoritis dan Terapan Bidang Rekayasa Sipil*. 5(2): 110-126.
- Mampearachchi, W. K., Mihirani, G.S., Binduhewa, B.W.P., and Lalithya, G.D.D. 2012. Review of Asphalt Binder Grading System for Hot Mix Asphalt Pavement in Sri Lanka. *Journal of National Science Foundation of Sri Lanka*. 40(4): 311-320.
- MPBJ. 2009. Manual Pemeriksaan Bahan/Material Jalan. Direktorat Jenderal Bina Marga. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.

- Nabilla, F.S. 2018. Karakteristik Campuran Aspal Porus Dengan Granular Asphalt Sebagai Bahan Substitusi Agregat Halus dan Styrofoam Substitusi Aspal Pen 60/70. ETD (Electronic Theses and Dissertation) Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Putra, Z.S. 2017. Kinerja Campuran AC-WC Terhadap Lalu Lintas Berat Menggunakan aspal Shell 60/70 Dengan Bahan Tambah WETFIX – BE Sebagai Pengikat. ETD (Electronic Theses and Dissertation) Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- SNI 2417. 2008. Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- SNI 2439. 2011. Metode Uji Penyelimutan dan Pengelupasan pada Campuran Agregat-Aspal. Badan Standardisasi Nasional Indonesia. Jakarta.
- Wikarga, I.G., Thanaya, I.N.A., Suweda, I.W. 2017. Analisis Karakteristik Campuran Aspal Emulsi Dingin (CAED) Dengan Epoxy Sebagai Bahan Tambah. *Jurnal Spektran*. 5(2): 163-172.