

STUDI KARAKTERISTIK CAMPURAN ASPHALT CONCRETE WEARING COURSE DENGAN ASBUTON EMULSI SEBAGAI BAHAN PENGIKAT

Djoko Sarwono¹⁾, F. Pungky Pramesti²⁾, Fikri Muhammad Nugroho³⁾

^{1) 2)} Pengajar Program Studi Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

³⁾ Mahasiswa Program S1 Teknik Sipil, Universitas Sebelas Maret

Roadmate Research Group, Laboratorium Jalan Raya, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

E-mail : sarwono60@yahoo.co.id, pungkypramesh@gmail.com, fikrimuhammadn@gmail.com

ABSTRACT

Often we know in pavement work, the use of asphalt oil is often done. This is because in terms of quality asphalt oil according to SNI imposed by Bina Marga. However, with the large number of oil asphalt needs gradually its availability is increasingly thinner for that is needed alternative replacement. One of them uses Asbuton grains which are acknowledged as Asbuton emulsions. This study aims to determine the optimum asphalt content and Marshall Test characteristics of Asphalt Concrete Wearing Course mixture with Asbuton emulsion as a binder

In the process of mixing the specimens in the lab it is known that the initial mixing uses a cold mixed method. After the experiment, the result of the mixture obtained has a long time setting. Therefore the mixing method is converted to a warm mixture method with the temperature variations used ie 30°, 60° and 90°. In the warm mixture method, there is mixed with shorter setting time.

This study consists of asphalt testing and mixed testing (Marshall Test). After the ideal amount of each Asbuton emulsion being obtained, it is mixed with aggregate to be become warm mixed of Asphalt Concrete Wearing Course. Marshall Test is carried out after doing volumetric test of object test. The result of Marshall Test's analysis is the optimum asphalt quantity.

From the test result, can be obtained the value of Marshall characteristic warm mixed of Asphalt Concrete Wearing Course with Asbuton emulsion binder in the 3,5% optimum percentage, with the value obtained as follows:: mixed stability value by 357.021 kg, density value by 2.39 gram/cc, VIM value by 4.716%, flow value by 3.23 mm, and Marshall Quotient by 110.84 kg/mm. Marshall characteristic values such as stability, density, Marshall Quotient (MQ), flow and porosity do not meet the minimum requirements specification of SNI 03-1737-1989 concerning Procedures for the Implementation of Concrete Batches (Forwardings) For Highways.

KEYWORDS: *Asbuton emulsion, Optimum Asphalt Content, Marshall Test*

ABSTRAK

Pada era globalisasi ini perkembangan inovasi material perkerasan jalan semakin maju, salah satunya adalah perkembangan *Asbuton emulsi*. *Asbuton emulsi* diperoleh dari hasil pencampuran 2 fase yakni fase padat dan fase cair. Dimana fase padat adalah pencampuran antara *Asbuton* Butir dengan bahan peremaja, sementara fase cair didapat dari pencampuran air, texapon, dan emulgator. Untuk mendapatkan campuran dengan karakteristik (*Marshall Test*) yang lebih baik diperlukan modifikasi komposisi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dari campuran aspal beton menggunakan bahan pengikat *Asbuton emulsi*

Penelitian terdiri atas pengujian aspal dan pengujian terhadap campuran (*Marshall Test*). Setelah didapatkan kadar dari masing-masing *Asbuton emulsi*, kemudian *Asbuton emulsi* dicampur dengan agregat untuk dijadikan campuran hangat *Asphalt Concrete Wearing Course*. Setelah dilakukan uji volumetrik dari benda uji, dilakukan pengujian *Marshall*. Hasil dari analisis *Marshall* didapatkan kadar aspal optimum.

Pada proses pencampuran benda uji di lab diketahui bahwa pencampuran awal menggunakan metode campuran dingin. Setelah dilakukan percobaan hasil campuran yang didapatkan memiliki waktu setting yang lama. Oleh karena itu metode pencampuran diubah menjadi metode campuran hangat. Pada metode campuran hangat didapatkan campuran dengan waktu setting lebih singkat.

Dari pengujian didapatkan nilai karakteristik *Marshall* campuran hangat *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan pengikat *Asbuton emulsi*, berada pada kadar optimum 3,5% dengan nilai yang didapat sebagai berikut: nilai stabilitas campuran sebesar 357,021 kg, nilai kepadatan sebesar 2,39 gram/cc, nilai VIM sebesar 4,716 %, nilai *flow* sebesar 3,23 mm, dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 110,84 kg/mm.

KATA KUNCI: *Asbuton emulsi, Kadar Aspal Optimum, Marshall Test*

PENDAHULUAN

Laston adalah lapisan penutup konstruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai struktural. Campuran ini terdiri atas agregat bergradasi menerus dengan aspal keras, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu (Silvia Sukirman, 2012).

Aspal Beton (Laston) ini memiliki beberapa lapis permukaan yaitu lapis aus (*Asphalt Concrete – Wearing Course/ AC-WC*), Lapis permukaan antara (*Asphalt concrete – Binder course/ AC-BC*) dan lapis pondasi (*Asphalt concrete – base/ AC-Base*). Pada umumnya lapisan (AC-WC) merupakan lapis perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapis aus. Walaupun bersifat non struktural AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan.

Sering kita ketahui pada pengerjaan perkerasan jalan, penggunaan aspal minyak sering dilakukan. Hal ini dikarenakan dari segi mutu aspal minyak sesuai SNI yang diberlakukan oleh Bina Marga. Namun dengan banyaknya kebutuhan aspal minyak lambat laun ketersediaannya makin menipis untuk itulah diperlukan alternative pengganti. Salah satunya menggunakan *Asbuton*.

Asbuton adalah salah satu jenis aspal alami, yang terbentuk dari akibat naiknya aspal bumi kepermukaan dan terperangkap dibatuan porus. Pada proses pengolahannya *Asbuton* dapat diolah menjadi *Asbuton emulsi*. Proses pembentukan menjadi *Asbuton emulsi*, *Asbuton* dicampur dengan air dan emulgator.

Pembuatan *Asbuton emulsi* melalui 2 proses yakni fase padat dan fase cair. Pada proses fase padat *Asbuton* butir dicampur dengan bahan peremaja yang berfungsi untuk meremajakan *Asbuton* sehingga mencapai angka penetrasi tertentu sesuai dengan ketentuan. Selanjutnya *Asbuton* yang sudah melewati fase padat dicampur dengan emulsifier dan air untuk masuk kedalam tahap fase cair.

Setelah terbentuknya *Asbuton emulsi*, kemudian melewati proses pencampuran untuk membentuk lapisan AS-WC. Proses pencampuran itu sendiri terdiri dari 3 jenis pencampuran, yakni : campuran panas (*hot mix*), campuran hangat (*warm mix*), dan campuran dingin (*cold mix*).

Proses pencampuran *Asbuton emulsi* diusahakan melibatkan bantuan suhu seminimal mungkin. Pada umumnya pencampuran *Asbuton emulsi* dilapangan menggunakan campuran dingin (*cold mix*). Namun pada campuran dingin secara umum memiliki permasalahan dengan waktu setting. Dimana waktu yang dibutuhkan untuk campuran menjadi padat cukup lama. Waktu setting yang lama ini mengakibatkan campuran tidak bisa mengikat dengan cepat serta kurang efisien dalam penerapan dilapangan.

Berdasarkan latar belakang diatas penelitian ini hendak mengkaji bagaimana karakteristik *Marshall Asbuton emulsi* pada lapis AS-WC dan Kadar *Asbuton emulsi* Optimum..

LANDASAN TEORI

Asbuton merupakan bahan alam yang terbentuk berjuta juta tahun yang lalu, terjadinya *Asbuton* berawal dari adanya minyak bumi yang kemudian terdestilasi secara alamiah karena adanya intrusi magma. Bagian - bagian yang ringan dari minyak bumi telah menguap, residu yang berupa bitumen terdesak mengisi lapisan batuan yang ada disekitarnya melalui patahan dan rekahan (Qomar, 1996).

Furqon Affandi (2009) melakukan penelitian tentang sifat campuran beraspal panas dengan *Asbuton* butir tipe 5/20. Pada penelitiannya Furqon Affandi menambahkan *Asbuton* butir sebanyak 5% dengan kadar aspal 5%-7%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa campuran beraspal panas dengan *Asbuton* butir mempunyai stiffness dan ketahanan deformasi yang lebih tinggi, tetapi mempunyai ketahanan terhadap kohesi dan stripping yang lebih rendah, lebih rapuh (*brittle*), umur kelelahan (*fatigue*) yang lebih pendek, dan sifat ketahanan terhadap kelelahan (*fatigue*) akibat peningkatan tegangan yang lebih sensitif, dibandingkan dengan campuran yang menggunakan aspal minyak pen 60.

Kondisi lapis permukaan suatu ruas jalan dengan menggunakan perkerasan lentur, memiliki masalah dalam kerusakannya, yang penyebab utamanya berhubungan dengan kualitas bahan pendukungnya antara lain aspal dan agregat. Kerusakan akan cepat terjadi jika perkerasan tersebut mengalami pembebanan secara berlebihan dan pengaruh lingkungan, salah satunya temperatur yang relatif tinggi. Salah satu cara dalam mengatasi kerusakan jalan yang terjadi lebih awal adalah dengan memperbaiki kinerja campuran yaitu memodifikasi dengan cara menggunakan bahan tambah. Dengan nilai penetrasi yang rendah dan temperatur di Indonesia yang cukup tinggi, *Asbuton* cocok digunakan sebagai bahan tambah. Penelitian sebelumnya menunjukkan dengan penambahan *Asbuton* butir dalam campuran mempunyai kecenderungan memperbaiki kinerja lapis perkerasan jalan terhadap pembebanan. Inilah yang mendasari Ahmad Tanjung Apriawan (2010) Analisis Karakteristik *Marshall* pada Aspal Beton Campuran Panas dengan Bahan Tambah *Asbuton* butir, melakukan penelitian sejenis dengan menambahkan *Asbuton* butir pada aspal beton campuran panas, untuk mengkaji karakteristik *Marshall*-nya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pola hubungan variasi campuran dengan atau tanpa bahan tambah *Asbuton* butir dan untuk mengetahui kadar aspal optimum campuran (OBCmix) terhadap nilai karakteristik *Marshall*. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yang dilakukan di laboratorium dengan aspal beton campuran panas yang ditambahkan *Asbuton* butir tipe 5/20 dengan variasi 0%, 2%, 3%, 4% dan 5%. Benda uji yang digunakan masing-masing berjumlah 20 buah. Pengujian menggunakan alat *Marshall Test*, kemudian

melakukan analisis regresi dan korelasi untuk mendapatkan hubungan nilai karakteristik *Marshall* dengan variasi *Asbuton* butir. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar kadar *Asbuton* butir yang ditambahkan akan menyebabkan nilai stabilitas, porositas dan *Marshall Quotient* semakin tinggi sedangkan nilai *flow* dan *densitas* makin rendah. Hasil analisis persamaan regresi linier dari grafik *flow* dan porositas berdasarkan spesifikasi PU 2004, didapatkan nilai batas maksimum perkiraan penggunaan *Asbuton* butir. Untuk *flow* digunakan *Asbuton* butir maksimum sebesar 7,93% dan untuk nilai porositas sebesar 10,01%. Dari kedua nilai tersebut digunakan nilai yang terkecil yaitu 7,93%. Untuk nilai kadar aspal optimum campuran (OBCmix) aspal beton dengan variasi kadar *Asbuton* butir 0%, 2%, 3%, 4% dan 5% di peroleh nilai sebesar 5,58%; 5,63%; 5,64%; 5,69% dan 5,34%.

Pada penelitian ini, Petrich M.B.R (2013) Tinjauan Karakteristik *Marshall* dan Kuat Tarik Tidak Langsung Campuran Panas Aspal Beton Menggunakan Semarbut Aspal Tipe I sebagai Binder. Melihat kondisi *Asbuton emulsi* perlu diadakannya penelitian lebih lanjut. Hal inilah yang memunculkan penelitian tentang modifikasi aspal pada *Asbuton* hasil *emulsi* yang dihasilkan pada proses ekstraksi (SEMARBUT ASPAL TIPE I). Tujuan dari penelitian ini adalah meninjau karakteristik *Marshall* dan *Indirect Tensile Strength* (ITS) campuran panas Aspal Beton. Penelitian menggunakan metode eksperimen laboratorium mengacu SNI 03-1737-1989. Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mendapatkan KAO yang nantinya akan digunakan untuk pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung. Benda uji *Marshall* menggunakan tiga jenis varian gradasi, yaitu Gradasi Batas Atas, Gradasi Median, dan Gradasi Batas Bawah. Tiap Varian gradasi memiliki nilai kadar aspal masing-masing sesuai syarat -1%, -0,5%, Pb, +0,5%, +1 %. Setelah dilakukan pengujian *Marshall* didapatkan nilai stabilitas tertinggi dan nilai *flow* yang memenuhi syarat guna penentuan nilai (KAO). Setelah didapatkan nilai KAO menggunakan gradasi yang terbaik, maka dilanjutkan proses pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung guna mendapatkan nilai ITS terkoreksi, Nilai regangan dan nilai Modulus Elastisitas. Hasil analisis diperoleh nilai karakteristik *Marshall* stabilitas, densitas, *Marshall Quotient* (MQ), *Flow* dan porositas, didapatkan Varian Gradasi Median merupakan gradasi terbaik dengan nilai KAO sebesar 5,84%. Campuran aspal ini dapat memenuhi sebagai syarat jalan dengan lalu lintas berat. Namun hanya nilai porositas yang masih belum memenuhi syarat yaitu 3%-5%. Hasil ini dapat diakibatkan karena proses penumbukan, berat jenis, dan jenis agregat yang digunakan. Sedangkan untuk nilai Kuat tarik Tidak Langsung campuran didapatkan ITS terkoreksi sebesar 474,407Kpa, nilai regangan sebesar 0,008002, dan nilai modulus elastisitas sebesar 59614,5116 Kpa.

Munurut Firman P. Lazuardi (2016), dengan judul Karakteristik Campuran Panas *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan Bahan Pengikat Semarbut tipe II. Modifikasi aspal yang sedang dikembangkan adalah teknologi ekstraksi *Asbuton*. Aspal modifikasi diperoleh dari hasil ekstraksi *Asbuton* dengan bensin premium sebagai bahan pelarut dan texapon sebagai emulgator. Untuk memperoleh hasil yang maksimal maka perlu adanya modifikasi aspal dari ekstraksi *Asbuton* dengan aspal minyak penetrasi 60/70. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dari karakteristik *Marshall Test* dan kuat tarik tidak langsung dari campuran panas aspal *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan bahan pengikat berupa Semarbut Tipe II.

Penelitian terdiri atas pengujian aspal dan pengujian terhadap campuran (*Marshall Test* dan uji kuat tarik tidak langsung). Setelah didapatkan kadar dari masing-masing modifikasi *Asbuton* dan aspal minyak penetrasi 60/70, kemudian aspal dicampur dengan agregat untuk dijadikan campuran panas *Asphalt Concrete Wearing Course*. Setelah dilakukan uji volumetrik dari benda uji, dilakukan pengujian *Marshall Test*. Hasil dari analisis *Marshall Test* pengujian didapatkan kadar aspal optimum dari campuran aspal yang akan digunakan sebagai kadar aspal untuk pembuatan benda uji kuat tarik tidak langsung.

Dari pengujian didapatkan nilai karakteristik *Marshall* campuran panas *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan pengikat Semarbut Tipe II, yaitu nilai stabilitas campuran sebesar 1674,93 kg, nilai kepadatan sebesar 2,386 gram/cc, nilai *VIM* sebesar 4,01 %, nilai *flow* sebesar 4,6 mm, dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 359,074 kg/mm. Sedangkan analisis dari pengujian kuat tarik tidak langsung diperoleh nilai kuat tarik tidak langsung sebesar 358,73 KPa, nilai regangan sebesar 0,0038 dan nilai modulus elastisitas sebesar 13,99 ksi.

Dengan meneliti pengaruh waktu pemeraman Rifki Darendra (2016) Pengaruh Waktu Pemeraman Fase Padat Pada *Asbuton emulsi* Terhadap Kadar Aspal Dengan *Emulgator Texapon* Menggunakan *Grinder* Tipe Mb 60. Melakukan penelitian dengan bertujuan untuk mendapatkan produk aspal dari *Asbuton* yang praktis untuk digunakan melalui proses ekstraksi dan tidak memerlukan biaya yang besar saat pengolahan.

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimen di laboratorium. Bahan penyusun *Asbuton emulsi* adalah *Asbuton* butir 5/20, premium, texapon, HCl dan aquades. Fase padat adalah campuran *asbuton* butir 5/20 dan premium dengan waktu mixing selama 3 menit. Fase Cair terdiri dari texapon, HCl dan aquades. Pemeraman dilakukan setelah proses pencampuran fase padat agar reaksi dan ikatan campuran fase padat semakin optimal untuk menghasilkan kadar kelarutan aspal yang tinggi. Variabel waktu pemeraman adalah 30 menit, 60 menit, 90 menit, 120 menit dan 150 menit. Fase padat dan fase cair dicampur untuk menghasilkan *Asbuton emulsi* kemudian dilakukan proses ekstraksi dengan waktu 25 menit. Pengujian yang dilakukan adalah kadar kelarutan aspal, kadar air, dan karakteristik aspal pada hasil ekstraksi *Asbuton emulsi* dengan kadar aspal teroptimum.

Hasil analisis data pengujian kadar kelarutan aspal menghasilkan kadar aspal tertinggi pada hasil ekstraksi *asbuton* sebesar 94,77% pada variabel waktu pemeraman 120 menit. Hasil pengujian kadar air menunjukkan semakin lama pemeraman fase padat berlangsung maka kandungan air yang ada dalam *Asbuton emulsi* akan mengalami penurunan. Pengujian karakteristik aspal pada hasil ekstraksi *Asbuton emulsi* dengan kadar kelarutan aspal optimum, menghasilkan benda uji yang bertekstur kaku dan keras sehingga dari hasil ujinya tidak didapatkan nilai daktilitas dan penetrasi.

Berdasarkan penelitian Miswar Tumpu (2016) Uji Eksperimental pada Stabilitas Campuran Aspal *Emulsi* Yang Menggunakan Aspal Alam Buton Sebagai Bahan *Emulsifier*. Penelitian tersebut dilakukan untuk mengetahui kadar aspal optimum campuran aspal *emulsi* menggunakan aspal alam Buton serta menentukan parameter *Marshall* menggunakan campuran *Asbuton emulsi*. Pada pengecekan kadar aspal optimum didapatkan kadar 5,5% sedangkan hasil *stabilitas*, *flow*, *Marshall Quotien* belum memenuhi persyaratan Bina Marga, yaitu *stabilitas* ≥ 550 kg, *Flow* 2mm – 4mm, dan *Marshall Quotien* 200 kg/mm – 350 kg/mm. Nilai tersebut menandakan bahwa campuran aspal *emulsi* menggunakan *Asbuton emulsi* masih terlalu kaku untuk diterapkan pada perkerasan lentur.

Rancang campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce *Marshall*, dan telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-89 atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar dari metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk (Sukirman, 2003)

Dalam penelitian yang saya lakukan bersifat eksperimental dengan menggunakan *Asbuton emulsi*. Pembuatan *Asbuton emulsi* melalui 2 fase yakni fase padat dan fase cair. pada proses fase padat *asbuton* butir dicampur dengan bahan peremaja (Bensin atau Solar) yang berfungsi untuk meremajakan *asbuton*. Selanjutnya *asbuton* yang sudah melewati fase padat dicampur dengan *emulsifier* (HCL, Texapon) dan air untuk masuk kedalam tahap fase cair.. Setelah itu dibuatlah benda uji dengan menggunakan metode campuran dingin dan hangat. Pengujian benda uji dilakukan menggunakan alat *Marshall Test*. Kemudian hasil pengujian dilakukan analisis regresi dan korelasi untuk mendapatkan hubungan nilai karakteristik *Marshall* dengan variasi *Asbuton emulsi*. Diharapkan dalam penelitian ini dapat diketahui karakteristik dan kinerja campuran *Asbuton emulsi*.

Material Penyusun Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course*

Material penyusun campuran aspal adalah agregat dan aspal. Berikut material penyusun perkerasan aspal beton: Agregat

Spesifikasi yang digunakan pada campuran *asphalt concrete wearing course* mengacu pada standar SNI 03-1737- 1989. Gradasi yang digunakan pada campuran ini adalah gradasi menerus sehingga distribusi agregat kasar, sedang dan halus memiliki porsi yang merata.

Tabel 1. Batas-Batas Gradasi Menerus Agregat Campuran

No. Campuran	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
Gradasi/Tekstur	Kasar	Kasar	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat	Rapat
Tebal Padat (mm)	20-40	25-50	20-40	25-50	40-65	50-75	40-50	20-40	40-65	40-65	40-50
Ukuran Saringan	% BERAT YANG LOLOS SARINGAN										
1½"	38,1 mm	---	---	---	---	---	100	---	---	---	---
1"	25,4 mm	---	---	---	---	100	90-100	---	---	100	100
¾"	19,1 mm	---	100	---	100	80-100	82-100	100	---	85-100	85-100
½"	12,7 mm	100	75-100	100	80-100	---	72-90	80-100	100	---	---
3/8"	9,52 mm	75-100	60-85	80-100	70-90	60-80	---	---	---	65-85	56-78
No.4	4,76 mm	35-55	35-55	55-75	50-70	48-65	52-70	54-72	62-80	45-65	38-60
No.8	2,38 mm	20-35	20-35	35-50	35-50	35-50	40-56	42-58	44-60	34-54	27-47
No.30	0,59 mm	10-22	10-22	18-29	18-29	19-30	24-36	26-38	28-40	20-35	13-28
No.50	0,279 mm	6-16	6-16	13-23	13-23	13-23	16-26	18-28	20-30	16-26	9-20
No.100	0,149 mm	4-12	4-12	8-16	8-16	7-15	10-18	12-20	12-20	10-18	---
No.200	0,074 mm	2-8	2-8	4-10	4-10	1-8	6-12	6-12	6-12	5-10	4-8

Asbuton emulsi

Aspal yang digunakan adalah *Asbuton emulsi*. Pembuatan *Asbuton emulsi* melalui 2 fase yakni fase padat dan fase cair. Pada fase padat *Asbuton* butir ditambahkan dengan peremaja, sedangkan pada fase cair merupakan pencampuran *Asbuton* butir yang telah melewati fase padat dengan ditambahkan *emulsifier* (HCL, Texapon) dan Aquades.

Tabel 2. Persyaratan Aspal *Emulsi* Kationik

Jenis Pengujian	Metode Pengujian	CRS-h	CSS-1	CSS-1h
Kekentalan Saybolt Furol pada 25°C, detik	SNI 06-6721-2002	20-100	20-100	20-100
Pengendapan, 1 hari, %		Maks. 1	Maks. 1	Maks. 1
Tes klasifikasi		baik	baik	baik
Pemeriksaan muatan listrik		Positif	Positif	Positif
Analisa ayakan/saringan, %	SNI 03-6832-2002	Maks. 0,10	Maks. 0,10	Maks. 0,10
Pemeriksaan hasil penyulingan:				
- Kadar minyak dari emulsi, %		Maks.3	-	-
- Sisa Penyulingan		Min. 65	Min.57	Min.57
Penetrasi, 25°C, 100gr, 0,1mm	SNI 03-4798-1998	100-250	100-250	40-90
Daktilitas, 25°C, cm	SNI 06-2456-1991	Min.40	Min. 40	Min. 40
Kelarutan terhadap C ₂ HCl ₃ , % berat	SNI 06-2432-1991	Min.97	Min.97,5	Min.97,5
Hasil Uji campuran semen,%	RSNI M-04-2004	-	Maks. 20	-
	SNI-03-4798-1998	-	-	-

Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course*

Lapis perkerasan harus memenuhi karakteristik tertentu sehingga didapat suatu lapisan yang kuat menahan beban, aman dan dapat dilalui kendaraan dengan aman. Hal ini mengacu pada SNI 03-1719-1989 tentang Tata Cara Pelaksanaan Lapisan *Asphalt Concrete Wearing Course* Untuk Jalan Raya.

Tabel 3. Spesifikasi Sifat Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course*

Sifat Campuran	Lalu Lintas Berat		Lalu Lintas Sedang		Lalu Lintas Ringan	
	(2x75) Tumbukan		(2x50) Tumbukan		(2x35) Tumbukan	
	Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal	Minimal	Maksimal
Stabilitas (kg)	550	-	450	-	350	-
Flow (mm)	2,0	4,0	2,0	4,5	2,0	5,0
MQ (kg/mm)	200	350	200	350	200	350
Kepadatan (gr/cc)	2	3	2	3	2	3
VIM (%)	3	5	3	5	3	5
VFB (%)	75	82	75	85	75	85

METODOLOGI PENELITIAN

Pra penelitian dilakukan untuk menentukan metode pencampuran dan menentukan variasi prosentase pemakaian *Asbuton emulsi* untuk bahan pengikat campuran *Asphalt Concrete Wearing Course*. Pada proses awal *Asbuton emulsi* dibuat berdasarkan data yang diperoleh dari penelitian Rifki Darendra (2016) terkait pengaruh pemeraman optimal dalam proses pembuatan *Asbuton emulsi*. Komposisi pada pencampuran awal menggunakan peremaja bensin ditunjukkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Komposisi *Asbuton emulsi* menggunakan peremaja bensin

Fase Padat	<i>Asbuton</i> Butir	400 gram
	Bensin	133,33 gram
Fase Cair	Texapon	3,13 gram
	HCL	4,80 gram
	Aquades	200 gram

Dari data penelitian Rifqi Darendra 2016, didapatkan fase padat diperlukan waktu pemeraman selama 2 jam, kemudian pencampuran fase cairnya selama 3 menit. Kemudian dilakukanlah pengujian propertis terhadap campuran ditunjukkan dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Uji Propertis *Asbuton emulsi* menggunakan peremaja Bensin

Suhu	30°	60°	90°
Waktu setting	20 hari	5 hari	7 hari
Flow	-	4,5	4

Stabilitas	-	5	1
------------	---	---	---

Sumber : Rifqi darendra , 2016

Dari hasil dari pengujian dapat disimpulkan campuran *Asbuton emulsi* menggunakan bahan peremaja bensin bersifat terlalu getas, oleh karena itu diperlukan alternative pengganti bensin. Dalam penelitian ini alternatif peremaja yang digunakan adalah solar. Komposisi pada pencampuran menggunakan peremaja Solar ditunjukkan dalam Tabel 6.

Tabel 6. Komposisi *Asbuton emulsi* menggunakan peremaja Solar

Fase Padat	<i>Asbuton</i> Butir	400 gram
	Solar	100 gram
Fase Cair	Texapon	3,13 gram
	HCL	4,80 gram
	Aquades	200 gram

Sumber : Rifqi darendra , 2016

Kemudian dilakukan percobaan ulang propertis dengan peremaja solar. Dari data pengujian propertis tersebut didapatkan nilai yang ditunjukkan dalam Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Propertis *Asbuton emulsi* menggunakan peremaja Solar

Daktilitas	10 cm
Penetrasi	71,9 mm
Berat Jenis	1,59
Titik Lembek	84-85 °C
Titik Nyala	235 °C
Titik Bakar	245 °C

Sumber : Rifqi darendra , 2016

Hasil pengujian dari Penelitian Rifqi Darendra didapatkan jika penggunaan peremaja solar memiliki sifat yang lebih baik dari peremaja bensin. Hal itu dapat dilihat pada nilai daktilitas dan penetrasi campuran *Asbuton* dengan peremaja solar memiliki nilai yang lebih besar dari pada campuran *Asbuton* dengan peremaja bensin. Dalam penelitian ini solar akan digunakan lebih lanjut sebagai bahan peremaja *Asbuton emulsi*.

Setelah pembuatan *Asbuton emulsi*, peneliti masuk pada tahapan pembuatan campuran. Pada proses pencampuran ini melibatkan pemanasan seminimal mungkin. Untuk itulah pada proses awal pencampuran menggunakan metode campuran dingin. Dalam pembuatan campuran *Asphalt Concrete - Wearing Course* menggunakan *Asbuton emulsi* dengan metode campuran dingin menggunakan Buku Pedoman Konstruksi dan Bangunan No: 01-05/BM/2006 tentang Pemanfaatan *Asbuton* Buku 5 Campuran beraspal dingin dengan *Asbuton* butir peremaja *emulsi*. Kemudian dibuatlah benda uji sesuai KAO rencana yang telah dihitung yakni 4,5% - 6,5% . Berikut tabel komposisi *Asbuton emulsi*

Tabel 8. Kadar *Asbuton emulsi*

Kadar <i>Asbuton emulsi</i>	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
<i>Asbuton emulsi</i> yang dibutuhkan	54 gr	60 gr	66 gr	72 gr	78 gr
<i>Emulsi</i> yang ditambahkan	284,21 gr	315,70 gr	347,37 gr	378,94 gr	410,52 gr
Kandungan filler	230,21 gr	255,79 gr	281,37gr	306,94 gr	332,52 gr

Setelah didapatkan kadar *Asbuton* yang dibutuhkan, proses selanjutnya mencampur dengan agregat. Pada proses pencampuran ini tidak melibatkan pemanasan sama sekali. Tahapan ini melibatkan pengaruh waktu setting pada pencampuran. Berikut hasil pencampuran kadar 4,5% dan 6,5%.

Tabel 9. Lama waktu setting

Kadar <i>Asbuton emulsi</i>	4,5%	6,5%
Waktu Setting	30 hari	40 hari

Hasil pembuatan benda uji dapat dilihat , jika pada pencampuran dengan metode dingin, memerlukan waktu setting yang cukup lama. Hal ini berpengaruh pada efisiensi penerapan di lapangan. Untuk itulah diperlukan alternative metode campuran. Alternatif metode yang digunakan yakni metode campuran hangat. Pada metode campuran hangat digunakan Pedoman Konstruksi dan Bangunan No: 01-04/BM/2006 tentang Pemanfaatan *Asbuton* Buku 4 Campuran beraspal hangat dengan *Asbuton* butir.

Pencampuran ini menggunakan kadar *Asbuton emulsi* optimum yang sama yakni 4,5%-6,5%. Pada proses campuran metode hangat, digunakan variasi suhu dengan tujuan mencari waktu setting paling cepat dan

pengaruh pemanasan seminimal mungkin kemudian dilakukan *Marshall Test*. Variasi suhu yang digunakan yakni 30°, 60°, dan 90°. Pembuatan benda uji, diambil salah satu kadar yakni 5%.

Pada proses pembuatan benda uji dengan variasi suhu 30°, 60°, dan 90° didapatkan hasil yang ditunjukkan oleh Tabel Pengaruh Suhu terhadap waktu setting, *flow* dan stabilitas

Tabel 10. Pengaruh Suhu terhadap waktu setting, *flow* dan stabilitas

Suhu	30°	60°	90°
Waktu setting	20 hari	5 hari	7 hari
<i>Flow</i>	-	4,5	4
Stabilitas	-	5	1

Hasil pembuatan benda uji metode hangat dengan variasi suhu 30°, 60°, dan 90°. Didapatkan jika suhu 60° memiliki waktu *setting*, stabilitas dan *flow* yang lebih baik dari suhu 30° dan 90°. Dari hasil tersebut ditetapkan metode pencampuran yang digunakan yakni metode campuran hangat dengan suhu 60°.

Penelitian ini analisis regresi digunakan untuk mengetahui pola relasi atau hubungan antara variabel terikat dengan variabel bebasnya. Variabel terikat adalah nilai karakteristik *Marshall*, sedangkan variabel bebas dalam penelitian ini yaitu Kadar *Asbuton emulsi*. Analisis korelasi untuk mencari hubungan dua variabel atau lebih secara kuantitatif, untuk menggambarkan derajat keeratan linear dari variabel terikat dengan variabel bebas, untuk mengukur seberapa tepat garis regresi menjelaskan variasi variabel terikat.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data Pengujian *Asbuton emulsi*

Dari penelitian Rifqi Surya Darendra (2016), didapatkan hasil uji karakteristik *Asbuton emulsi* ditunjukkan dalam Tabel 11.

Tabel 11. Hasil Pengujian *Asbuton emulsi*

No.	Jenis Pengujian	Hasil
1.	Penetrasi (x10 ⁻¹ mm)	71.9
2.	Daktilitas (cm)	10
3.	Titik Lembek (°C)	84
4.	Titik Nyala (°C)	235
5.	Titik Bakar (°C)	245
6.	Berat Jenis	1,59

Sumber: (Rifqi Surya Darendra, 2016)

Data Perencanaan Gradasi

Perencanaan gradasi campuran berdasarkan pada SNI 03-1737-1989 tentang Tata Cara Pelaksanaan Lapis *Asphalt Concrete Wearing Course* Untuk Jalan Raya. Dari analisis saringan agregat yang telah dilakukan, didapatkan 35% CA, 47% MA, dan 18% FA dengan gradasi seperti yang disajikan pada Tabel 12.:

Tabel 12. Perencanaan Gradasi Agregat pada Lapis *Asphalt Concrete Wearing Course*

No. Saringan	Gradasi	Spesifikasi Campuran No. VII		
3/4"	100,00	100		
1/2"	88,68	80	-	100
	64,17	54	-	72
# 4	47,60	42	-	58
# 8	31,03	26	-	38
# 30	21,48	18	-	28
# 50	13,04	12	-	20
# 100	6,16	6	-	12
# 200	0,00			
PAN				

Data Kadar *Asbuton emulsi* Rencana

Berdasarkan Pedoman Teknik No.028 / T / BM / 1999, kadar *Asbuton emulsi* optimum rencana (Pb) diperoleh persamaan sebagai berikut ini:

Perhitungan kadar *Asbuton emulsi* optimum rencana disajikan sebagai berikut ini :

$$\begin{aligned} \text{Pb} &= 0,035 \times (100 - 20,79) + 0,045 \times (20,79 - 2,13) + 0,18(2,13) + 1 \\ &= 0,035 \times (79,21) + 0,045 \times (18,66) + 0,18 \times (2,13) + 1 \\ &= 4,995 \% = 5 \% \end{aligned}$$

Kadar *Asbuton emulsi* yang dipakai berdasarkan rentang interval (Pb-1%) sampai (Pb+1%) dalam penelitian adalah 4% - 6%

Data Kebutuhan Campuran dan Agregat Setiap Saringan

Berdasarkan kadar aspal optimum rencana dan analisis saringan didapatkan perkiraan kebutuhan *Asbuton emulsi*. Pada *Asbuton emulsi* sendiri terdapat *filler* sebanyak 81% dari jumlah total *Asbuton emulsi*, berikut kebutuhan *Asbuton emulsi* :

Tabel 13. Berat *Filler* yang Terdapat pada *Asbuton emulsi*

Kadar <i>Asbuton emulsi</i> (%)	Jumlah <i>Asbuton emulsi</i> (gram)	Berat <i>Filler</i> (gram)
4	284,215	230,21
4,5	315,709	255,789
5	347,368	281,368
5,5	378,947	306,947
6	410,527	332,526

Data Volumetrik Benda Uji

Pembuatan benda uji untuk pengujian *Marshall Test* telah disesuaikan dengan RSNI M-01-2003 tentang Metode Pengujian Campuran aspal dengan Alat *Marshall*. Dari hasil pembuatan benda uji di laboratorium, didapatkan kadar maksimum yang bisa dibuat adalah 5%. Selebihnya benda uji tidak bisa terbentuk. Dikarenakan campuran *Asbuton emulsi* terlalu encer. Oleh karena itu peneliti mencoba untuk menurunkan kadar dimulai dari 3%. Data Volumetric benda uji kadar 3% - 5% untuk pengujian *Marshall Test* sebanyak 15 buah disajikan pada Tabel 14.

Tabel 14. Data volumetric benda uji *Marshall* (kadar *Asbuton emulsi* 3% - 5%)

Kode Benda Uji	Kadar <i>Asbuton emulsi</i> (%)	Berat di Udara		Berat di Dalam Air (gr)	Tebal Benda Uji				Rata - Rata Tebal
		Berat Kering (gr)	Berat SSD (gr)		1	2	3	4	
3A	3	1192,5	1208	706,1	62,1	61,8	62	62	61,975
3B	3	1193,9	1209,9	708,5	62	62	62,3	61,9	62,05
3C	3	1195,1	1208,1	709,3	61,7	61,9	62	62,2	61,95
3,5A	3,5	1197,6	1210,2	707,6	62	61,7	62	62	61,925
3,5B	3,5	1198,5	1208,4	707,8	62,2	62	61,9	62,1	62,05
3,5C	3,5	1198,7	1211,9	709,1	61,8	62,3	62	62,1	62,05
4A	4	1199,7	1210,7	712,8	62	62	62,2	62,1	62,075
4B	4	1198,1	1209,8	713,7	62,3	61,7	61,9	62,1	62
4C	4	1198,8	1210,1	713,5	62,1	62	62	62	62,025
4,5A	4,5	1192,1	1208,2	707,7	62	62	62,2	62,1	62,075
4,5B	4,5	1193,3	1208,7	708,2	61,8	61,8	62	62,1	61,925
4,5C	4,5	1192,9	1207,9	707,2	67,6	67,75	67,95	68	61,950
5A	5	1197,6	1205,9	697,4	61,8	61,8	61,9	62	61,875
5B	5	1197,7	1206,1	698,1	62	61,8	62	62	61,950
5C	5	1196,9	1204,8	696,2	62	62	61,8	62	61,950

Data Hasil Uji Marshall (kadar 3% - 5%)

Dari pengujian *Marshall Test* didapatkan data yang disajikan pada Tabel 15.

Tabel 15. Data hasil Uji *Marshall* (kadar 3% - 5%)

Kode Benda Uji	Kadar <i>Asbuton emulsi</i> (%)	<i>Dial</i> Stabilitas	<i>Dial Flow</i>
3A	3	10	3,3
3B	3	13	2,9
3C	3	11	3
3,5A	3,5	16	3,5
3,5B	3,5	16	3,0
3,5C	3,5	15	3,2
4A	4	10	3,5
4B	4	11	3,5
4C	4	9	3,4
4,5A	4,5	8	3,3
4,5B	4,5	8	3,5
4,5C	4,5	9	4,0
5A	5	7	4,8
5B	5	7	4,5
5C	5	6	4,5

Analisis Volumetrik

Sebelum mengolah data pengujian *Marshall Test* dilakukan pengolahan data untuk mendapatkan nilai kepadatan, VIM, VMA, VFB, dan berat jenis campuran Berikut ini merupakan tabel rekapitulasi analisis volumetrik *Marshall Test* selengkapnya disajikan dalam Tabel 16.

Tabel 16. Rekapitulasi Analisis Volumetrik *Marshall Test*

Kode Benda Uji	<i>Asbuton emulsi</i> (%)	Koreksi Tebal (cm)	Kepadatan	VMA (%)	VIM (%)	VFB (%)
3A	3	1,043	2,376	11,79	5,430	53,93
3B	3	1,044	2,381	11,60	5,434	53,14
3C	3	1,043	2,396	11,04	5,186	53,05
Rata-Rata	3	1,043	2,384	11,48	5,350	53,37
3,5A	3,5	1,0441	2,383	11,99	4,641	61,29
3,5B	3,5	1,044	2,394	11,57	4,762	58,85
3,5C	3,5	1,044	2,386	11,87	4,746	60,03
Rata-Rata	3,5	1,044	2,388	11,88	4,716	60,06
4A	4	1,044	2,410	11,46	4,396	61,65
4B	4	1,043	2,415	11,26	4,409	60,85
4C	4	1,043	2,414	11,30	4,391	61,13
Rata-Rata	4	1,043	2,413	11,34	4,399	61,21
4,5A	4,5	1,042	2,382	12,94	4,696	63,70
4,5B	4,5	1,043	2,384	12,85	4,369	66,00
4,5C	4,5	1,043	2,382	12,91	4,440	65,62
Rata-Rata	4,5	1,043	2,383	12,90	4,502	65,11
5A	5	1,042	2,355	14,36	3,638	74,67
5B	5	1,043	2,358	14,27	3,747	73,74
5C	5	1,043	2,353	14,43	3,811	73,59

Rata-Rata	5	1,043	2,355	14,35	3,732	74,00
-----------	---	-------	-------	-------	-------	-------

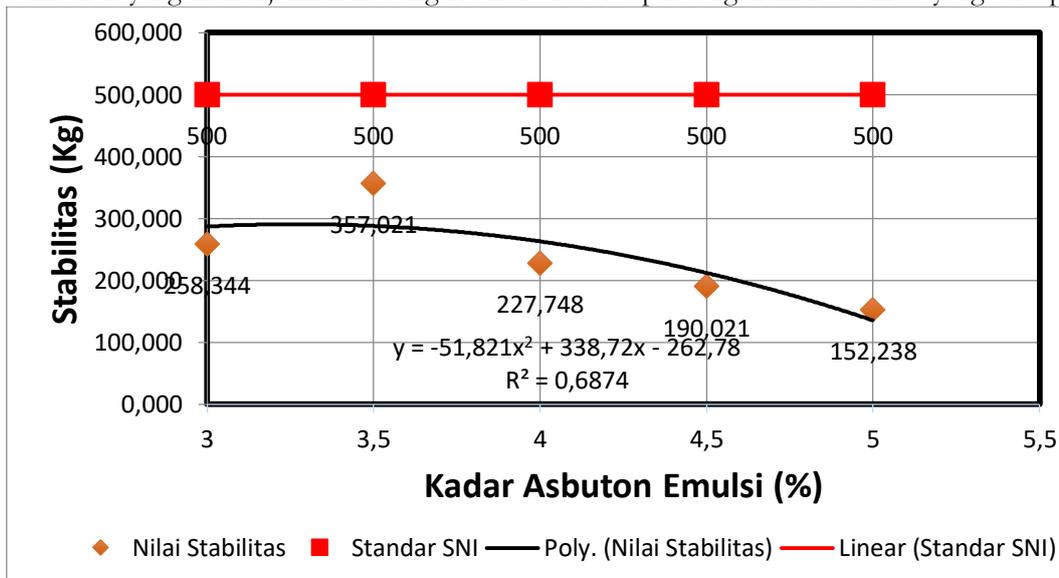
Pembahasan Pengujian *Marshall Test*

Dari analisis data pengujian *Marshall Test* didapatkan rekapitulasi sifat campuran seperti pada Tabel 17.

Tabel 17. Rekapitulasi Sifat Campuran dengan *Marshall Test*

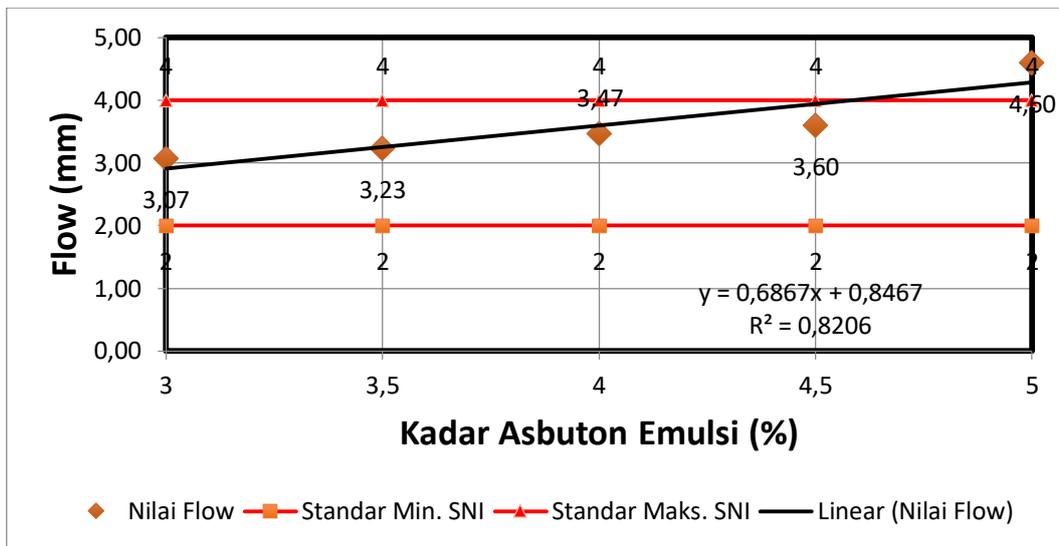
Sifat Campuran	Kadar <i>Asbuton emulsi</i>					Persyaratan SNI
	3%	3,5%	4%	4,5%	5%	
Stabilitas (kg)	258,344	357,021	227,748	190,021	152,238	Min. 550
<i>Flow</i> (mm)	3,07	3,23	3,47	3,6	4,6	2,0 - 4,0
<i>M_Q</i> (kg/mm)	84,94	110,84	65,65	190,021	33,09	Min. 200 Maks. 350
Kepadatan (gr/cc)	2,38	2,39	2,41	2,38	2,36	2-3
VIM (%)	5,35	4,71	4,40	4,50	3,73	3-5
VFB (%)	53,37	60,06	61,21	65,11	74,00	Min. 78 Maks. 82

Dari rekapitulasi sifat campuran di atas, kadar aspal optimum ditentukan berdasarkan grafik yang disajikan pada Gambar 1. yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan nilai stabilitas yang terdapat pada Tabel 17.



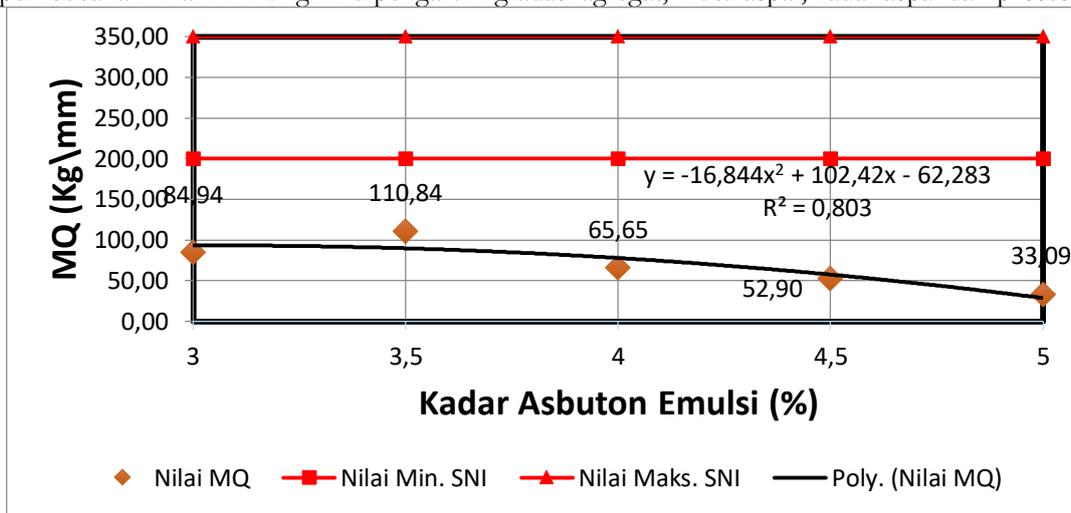
Gambar 1. Grafik Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan Stabilitas

Pada Gambar 1. Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan Nilai Stabilitas di atas, kadar *Asbuton emulsi* mempengaruhi nilai stabilitas. Nilai stabilitas yang makin meningkat ini berpengaruh pada kemampuan campuran *Asbuton emulsi* dalam menerima beban. Hal ini disebabkan oleh gesekan antar butiran agregat, penguncian antar butir agregat, dan daya ikat yang baik dari lapisan aspal (kohesi), di samping itu proses pemadatan, mutu agregat, dan kadar aspal juga berpengaruh terhadap nilai stabilitas.



Gambar 2. Grafik Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan *Flow*

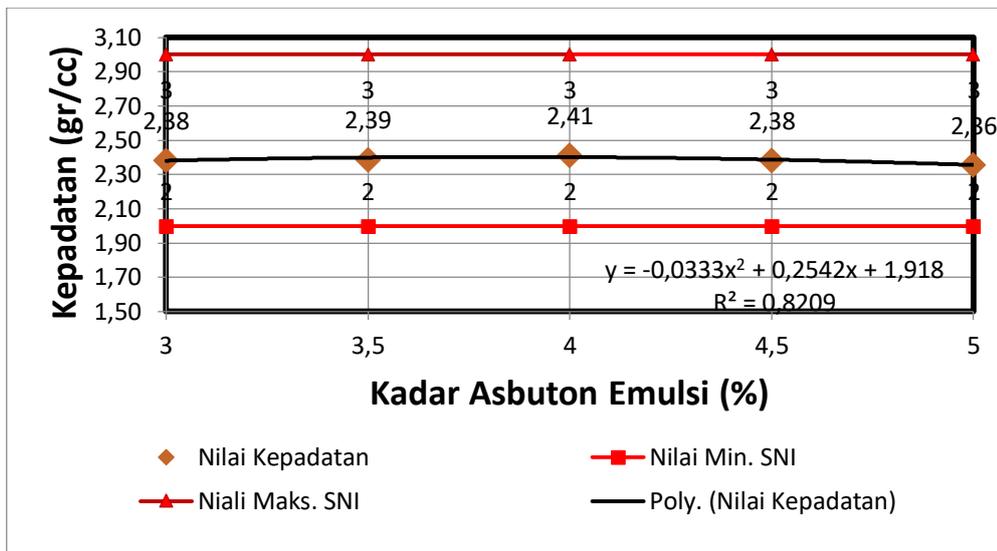
Pada Gambar 2. Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan Nilai *Flow*, nilai *flow* cenderung mengalami peningkatan sehingga campuran cenderung bersifat plastis. Semakin besar nilai *flow* menunjukkan bahwa campuran memiliki rongga udara yang kecil. Rongga terisi aspal yang semakin membesar membuat rentang kelelahan aspal makin besar, sehingga benda uji lebih mampu mengikuti perubahan bentuk sampai benda uji tersebut hancur karena pembebanan. Hal ini mungkin dipengaruhi gradasi agregat, mutu aspal, kadar aspal dan proses pepadatan.



Gambar 3. Grafik Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan *Marshall Quotient*

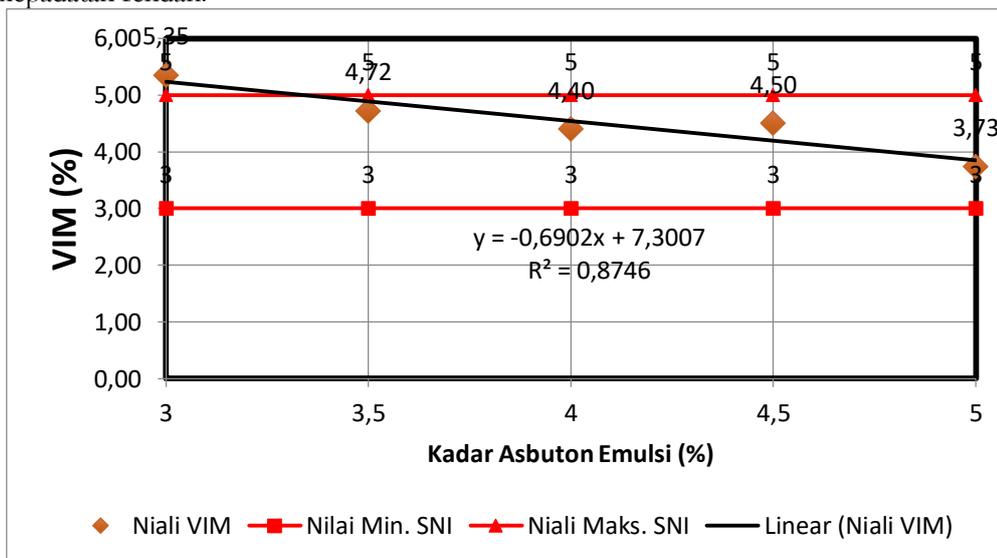
Dari Gambar 3. Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan *Marshall Quotient*, nilai *Marshall Quotient* merupakan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan fleksibilitas campuran. Semakin besar nilai *Marshall Quotient* berarti semakin kaku dan sebaliknya semakin kecil nilai *Marshall Quotient* maka perkerasannya semakin lentur. Akan tetapi jika nilai *Marshall Quotient* terlalu rendah, maka campuran aspal ini akan mudah mengalami perubahan bentuk akibat beban kendaraan.

Pada campuran ini menunjukkan peningkatan kadar *Asbuton emulsi* berpengaruh terhadap nilai *Marshall Quotient* yang cenderung menurun. Semakin tinggi kadar semakin menurun kekauannya. Terlihat pada kadar 3% - 5% nilai cenderung menurun.



Gambar 4. Grafik Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan Kepadatan

Pada Gambar 4. Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan Kepadatan ditunjukkan bahwa kadar aspal mempengaruhi nilai kepadatan. Hal ini dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti gradasi agregat, kadar aspal, berat jenis agregat, dan proses pemadatan yang meliputi suhu serta jumlah tumbukannya. Semakin padat campuran semakin tinggi pengikatan antara partikel, baik dari agregat maupun dari lapisan aspal itu sendiri. Hal ini disebabkan karena bahan pengisi (*filler*) mempunyai butiran lebih halus yang mengakibatkan lebih mudah bercampur dengan aspal membentuk campuran yang memiliki viskositas lebih rendah. Campuran yang memiliki nilai kepadatan akan mampu menahan beban yang lebih besar jika dibandingkan dengan campuran yang memiliki kepadatan rendah.



Gambar 5. Grafik Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan VIM

Pada Gambar 5. Hubungan Kadar *Asbuton emulsi* dengan Nilai VIM, nilai VIM mengalami penurunan.. Hal ini dipengaruhi oleh gradasi agregat, kadar aspal, kepadatan dan proses penumbukan campuran. Berdasarkan grafik di atas nilai VIM tinggi dikarenakan masih terdapat rongga yang besar di dalam campuran. Jika nilai VIM pada campuran terlalu tinggi dapat menyebabkan berkurang keawetan lapisan perkerasan karena rongga yang terlalu besar sehingga memudahkan masuknya air dan udara ke dalam lapis perkerasan. Hal tersebut mengakibatkan udara mengoksidasi aspal sehingga selimut aspal menjadi tipis dan kohesi aspal menjadi berkurang. Jika hal tersebut terjadi menimbulkan pelepasan butiran, sedangkan air akan melarutkan bagian aspal yang tidak teroksidasi sehingga pengurangan jumlah aspal akan lebih cepat. Sedangkan jika nilai VIM pada campuran rendah akan dapat menyebabkan terjadinya *bleeding* dan *cracking* akibat menerima beban lalu lintas karena tidak cukup lentur untuk menerima deformasi yang terjadi.

Analisis Kadar Optimum *Asbuton emulsi*

Kadar *Asbuton emulsi* optimum adalah kadar *Asbuton* yang akan menghasilkan sifat karakteristik terbaik pada suatu campuran aspal. Untuk mencari besarnya nilai kadar aspal optimum dilakukan perhitungan persamaan regresi hubungan kadar aspal dengan stabilitas sebagai berikut :

$$y = -51,821x^2 + 338,72x - 261,78$$

$$y' = 0$$

$$y' = -51,821x + 338,72$$

$$y' = 3,275\%$$

Karena tidak ada persyaratan khusus mengenai penentuan kadar aspal optimum, maka kadar aspal optimum dapat ditentukan berdasarkan nilai stabilitas yang terbesar dengan cara persamaan garis polinomial, yaitu pada kadar *Asbuton emulsi* 3,27%. Hal ini menandakan jika campuran *Asbuton emulsi* peremaja solar dapat bekerja dengan baik pada kao senilai 3,27%. Dikarenakan pada Kadar percobaan awal dengan kadar 4% - 6%, ternyata pada kadar 4% - 6% campuran terlalu lembek dan memerlukan waktu setting yang cukup lama. Oleh karena itu, diturunkanlah kadar dengan maksimal kadar 5%.

KESIMPULAN

1. Nilai karakteristik *Marshall* campuran *hangat Asphalt Concrete Wearing Course* dengan *Asbuton emulsi*, yaitu nilai stabilitas campuran sebesar 357,021 kg, nilai kepadatan sebesar 2,39 gram/cc, nilai porositas (VIM) sebesar 4,716 %, nilai *flow* sebesar 3,23 mm, dan nilai *Marshall Quotient* sebesar 110,84 kg/mm. Nilai karakteristik *Marshall* seperti densitas, *flow* dan porositas telah memenuhi batas minimum syarat spesifikasi SNI 03-1737-1989 tentang Tata Cara Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) Untuk Jalan Raya.
2. Kadar optimum aspal dari campuran panas *Asphalt Concrete Wearing Course* dengan gradasi agregat spesifikasi nomor campuran VII dan bahan pengikat *Asbuton emulsi* membutuhkan 3,5% aspal untuk mendapatkan nilai karakteristik *Marshall* terbaik.

SARAN

1. Penelitian lebih lanjut disarankan menggunakan peremaja lain agar dapat diketahui karakteristik tiap campuran bila menggunakan bahan pengikat yang sama.
2. Penelitian lebih lanjut terhadap bahan penyusun campuran agar semua aspek syarat terhadap campuran dapat terpenuhi.
3. Penelitian lebih lanjut terhadap bahan pengikat yang digunakan sangat disarankan agar dapat meningkatkan kinerja campuran.
4. Penelitian lebih lanjut terhadap pengikat yang sama dengan pengujian campuran (*Asbuton emulsi*).
5. Penelitian lebih lanjut harus lebih teliti dalam proses pembuatan benda uji dan pengujian.