

Analisis Modulus Resilien di Subtitusi Asbuton Lawele pada Campuran Aspal Beton dengan Kepadatan Mutlak

Alief Abdi Putra Bausad¹, Nurfilia², Lambang Basri Said³, Asma Massara⁴, Andi Alifuddin⁵

^{1,2,3,4,5}Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia

Jl. Urip Sumoharjo Km 05 Panaikang, Kec. Panakkukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231

Email: ¹aliefbausad052@gmail.com; ²nurfilia575@gmail.com; ³lambangbasri.said@umi.ac.id;

⁴asma.massara@umi.ac.id; ⁵andi.alifuddin@umi.ac.id

ABSTRAK

Jalan raya sebagai prasarana transportasi yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan yang berbanding lurus dengan beban kendaraan yang diterima oleh lapisan permukaan jalan sehingga banyak ditemukan lapisan permukaan jalan mengalami yang namanya deformasi ataupun keretakan. Salah satu cara untuk meminimalisir deformasi dari suatu perkerasan jalan adalah dengan pengujian kepadatan mutlak. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan tertinggi dari suatu lapisan perkerasan jalan sehingga nilai deformasi bisa diketahui. Setelah nilai kepadatan tertinggi diketahui dilakukan pengujian indirect tensile strenght agar dapat diketahui kemampuan perkerasan jalan sampai menemui nilai keretakan. Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan yang menyebabkan cepatnya rusak dan retak pada permukaan jalan, maka perlu dilakukan modifikasi campuran dengan menggunakan bahan tambah Asbuton sebagai filler dalam pencampuran aspal. Pengujian selanjutnya dengan menggunakan alat *Indirect Tensile Strenght*. KAO yang digunakan yaitu 5,99 % dan Asbuton yaitu 0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5%, 3,0% dan 3,5%. Dari hasil pengujian kuat tarik tidak langsung, kepadatan mutlak dengan menggunakan Asbuton mampu menahan beban sebesar 82663,43 Kpa. Nilai Modulus Resilien tertinggi berada pada kadar filler 3,5 %.

Kata Kunci: Kuat tarik tidak langsung, Modulus Resilien, Kepadatan mutlak, Asbuton

ABSTRACT

The highway is a transportation infrastructure that plays an important role in human life. With the increase in the number of vehicles that are directly proportional to the load of vehicles received by the surface layer of the road so that many layers of road surfaces are found with deformation or cracking. One way to minimize deformation of a road pavement is by testing absolute density. This test is conducted to determine the highest density value of a pavement layer so that the deformation value can be known. After the highest density value is known, tensile strenght indirect testing is performed to determine the pavement ability of the road until the crack value is found. Along with the increasing number of vehicles that cause rapid damage and cracks on the road surface, it is necessary to modify the mixture by using ingredients added to Asbuton (Asphalt Buton) as filler in asphalt mixing. Subsequent testing using the Indirect Tensile Strenght tool. The KAO used was 5.99% and the Asbuton (Asphalt Buton) content was 0%, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0 %,2.5 %,3.0 % and 3.5%. From the results of indirect tensile strength testing, absolute density using fiber jute ash is able to withstand a load of 82663.43 KPa. The highest resilient modulus values were at 3,5 % filler content.

Keywords: indirect tensile strength, resilient modulus, absolute and absolute, Asbuton

1. Pendahuluan

1.1 Latar belakang

Jalan raya sebagai prasarana transportasi yang memegang peranan penting dalam kehidupan manusia. Dengan meningkatnya jumlah kendaraan yang berbanding lurus dengan beban kendaraan yang diterima oleh lapisan permukaan jalan sehingga banyak ditemukan lapisan permukaan jalan mengalami yang namanya deformasi ataupun keretakan. Deformasi adalah perubahan bentuk yang terjadi akibat beban kendaraan sehingga lapisan jalan mengalami penurunan dari bentuk sebelumnya. Salah satu cara untuk meminimalisir deformasi dari suatu perkerasan jalan adalah dengan pengujian kepadatan mutlak. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kepadatan tertinggi dari suatu lapisan perkerasan jalan sehingga nilai deformasi bisa diketahui. Setelah nilai kepadatan tertinggi diketahui dilakukan pengujian indirect tensile strength agar dapat diketahui kemampuan perkerasan jalan sampai menemui nilai keretakan.

Seiring dengan meningkatnya jumlah kendaraan yang menyebabkan cepatnya rusak dan retak pada permukaan jalan, maka perlu dilakukan modifikasi campuran dengan menggunakan bahan Asbuton (Aspal batu Buton) Secara garis besar terdapat dua jenis aspal alam di pulau Buton yaitu aspal batu (rock asphalt) dan aspal lunak. Dinas Pertambangan Propinsi Sulawesi Tenggara (2007) menyatakan cadangan Asbuton diperkirakan sekitar 670 juta ton dalam bentuk asal (native) atau dalam bentuk bitumen sebesar 163.900.000 ton dengan perkiraan kandungan bitumen berkisar antara 15% - 35% dan tersebar di 5 daerah yaitu Waesiu, Kabungka, Winto, Waniti dan Lawele (Pusjatan dalam Rahman, 2010). Jumlah ini masih belum mempertimbangkan potensi cadangan Asbuton yang belum tergali sampai saat ini, yang jumlahnya diperkirakan masih sangat banyak.

Modulus Resilien (M_r) adalah ukuran kekakuan suatu bahan, yang merupakan perkiraan Modulus Elastisitas (E). Modulus Resilien adalah tegangan dibagi dengan regangan untuk beban yang dilakukan secara cepat sesuai dengan yang dialami oleh

perkerasan jalan. Metode uji Modulus Resilien sesuai dengan SNI 03-6836 (BSN, 2002) di laboratorium dengan cara tarik tak langsung dan pembebanan berulang. Prosedur uji ini meliputi suatu rentang temperatur dan beban. Uji Modulus Resilien campuran beraspal panas menggunakan suatu tegangan aksial siklis berulang, dimana beban, durasi dan siklusnya pada setiap benda uji silinder masing-masing adalah tetap. Sementara benda uji yang dikontrol mengalami tegangan siklik dinamis, dan tegangan pengegangannya adalah statis. Pada dasarnya aplikasi beban siklis diperkirakan lebih akurat sebagai simulasi beban lalu lintas yang sebenarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa permasalahan yang telah diidentifikasi, maka akan dirumuskan dalam penelitian ini sebagai berikut:

- 1) Bagaimana peningkatan modulus resilien terhadap substitusi Asbuton Lawele pada campuran aspal beton dengan kepadatan mutlak?
- 2) Bagaimana hubungan Tegangan dan Regangan terhadap peningkatan Fleksibilitas di substitusi asbuton lawele pada campuran aspal beton dengan kepadatan mutlak?

1.3 Maksud dan Tujuan

Maksud dari penelitian ini adalah untuk menganalisis sejauh mana pengaruh modulus resilien Asbuton (Aspal Buton) Lawele pada kepadatan mutlak. Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisis peningkatan modulus resilien terhadap substitusi Asbuton Lawele pada campuran aspal beton dengan kepadatan mutlak.
- 2) Menganalisis hubungan tegangan dan regangan terhadap tingkat Fleksibilitas campuran terhadap substitusi Asbuton Lawele pada campuran aspal beton dengan kepadatan mutlak.

2. Metode Penelitian

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Bahan Perkerasan jalan, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

2.2 Bahan Dan Alat Penelitian

Bahan Penelitian

Aspal yang digunakan yaitu (ASBUTON) Aspal Buton Lawele yang memiliki kadar aspal 10 - 45% terletak 1,5 meter di bawah permukaan tanah dengan jumlah semua potensi sekitar 650 juta ton dan mempunyai luas area sekitar 70.000 Ha, yang terletak pulau Buton tepatnya di Desa/Kelurahan Lawele, Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara.

Alat Penelitian

Penelitian ini menggunakan alat-alat yang tersedia di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia.

2.3 Tahapan Penelitian

Pengambilan bahan benda uji

Persiapan dan pemeriksaan aspal dilaksanakan di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Muslim Indonesia. Serta bahan (Asbuton) Aspal Buton yang diambil dari Desa/Kelurahan Lawele, Kecamatan Lasalimu, Kabupaten Buton, Sulawesi Tenggara.

Pengujian Bahan Benda Uji

Setelah proses persiapan sudah selesai, maka semua bahan penyusun aspal harus di uji dilaboratorium, sehingga bahan-bahan yang

akan di gunakan memenuhi syarat sebagai bahan penyusun aspal beton.

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah bahan-bahan penyusun aspal beton telah melalui pemeriksaan dan memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan. Pembuatan sampel sendiri dilaksanakan di Laboratorium Bahan Perkerasan jalan.

2.4 Metode Analisis Data

Metode yang di gunakan dalam rangka mengelolah data untuk menghasilkan design yang baik adalah Marshall Test dan Inderect tensile strength . pengelolaan data di dapat setelah pengujian, tahap pengujian yang akan di lakukan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis dan Hasil Pengujian

Marshall Test untuk Penentuan

Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sebelum kita melakukan analisis dari hasil pengujian *Marshall Test*, kita menghitung karakteristik campuran aspal yang terdiri dari Stabilitas, *Flow*, *Void in Mixture* (VIM), *Void in Mineral Aggregates* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Density* dan *Marshall Quotient* dengan menggunakan Metode *Marshall Test* terlebih dahulu dari hasil pengujian Laboratorium lalu kemudian didapatkan hasil perhitungan karakteristik *Marshall* dengan 5 variasi kadar aspal yang akan digunakan yaitu kadar aspal 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0%. Berikut merupakan hasil rekapitulasi karakteristik *Marshall* dapat dilihat pada tabel berikut:

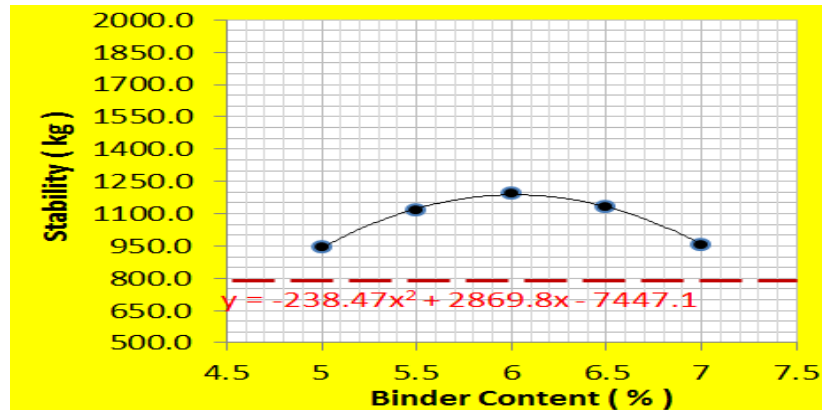
Tabel 1 Rekapitulasi pengujian *marshall* campuran AC-WC pen 60/70 untuk kadar aspal optimum (KAO)

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
Kadar Aspal; %	5	5,5	6	6,5	7	
Density	2,342	2,363	2,378	2,387	2,384	$\geq 2.2 \text{ kg/mm}^3$
VIM; %	6,576	5,192	3,925	2,894	2,333	3-5%
VMA; %	16,259	15,961	15,871	15,997	16,534	$\geq 15\%$
VFA; %	58,944	67,500	75,292	81,911	85,959	$\geq 63\%$
Stabilitas; kg	943,700	1115,1	1192,530	1132,830	955,470	800-1800 kg
Flow; mm	2,750	2,380	2,290	2,410	2,780	2-4 mm
Hasil bagi marshall; kg/mm	343,083	468,650	520.382	468,155	351,000	Min 250 kg/mm

Berdasarkan hasil pengujian, maka diperoleh nilai kadar aspal terhadap karakteristik campuran seperti pada Tabel 1. Dari hasil pengujian tersebut kita dapat menentukan nilai KAO. Semua nilai hasil pengujian

dimasukkan ke dalam grafik untuk mengetahui perlakuan yang terjadi sesuai dengan hubungan antara kadar aspal terhadap karakteristik campuran tersebut.

3.1.1 Hubungan Kadar Aspal terhadap Stabilitas

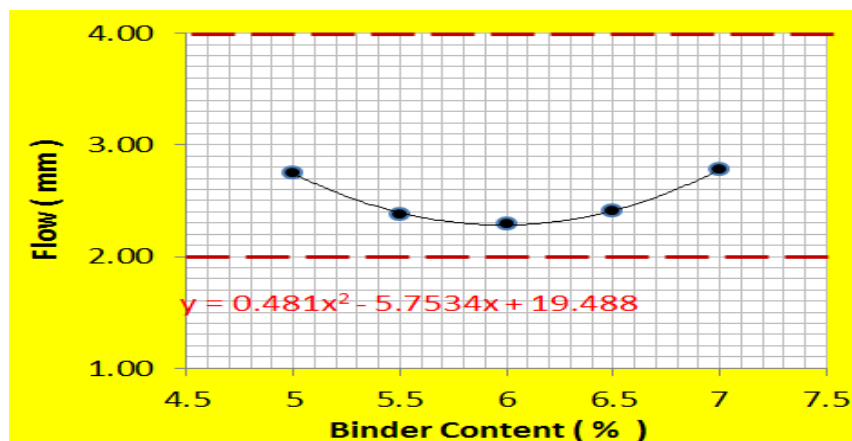


Gambar 1. Grafik Hubungan antara kadar aspal terhadap stabilitas

Dari hasil analisis gambar 1 menunjukkan bahwa campuran dengan kadar aspal 5,0% hingga kadar aspal 7,0% memenuhi spesifikasi. Semakin besar nilai kadar aspal yang digunakan akan meningkatkan nilai stabilitas hingga kadar aspal optimum. Tetapi

seiring dengan penambahan kadar aspal melebihi nilai optimum maka stabilitasnya akan menurun karena campuran akan mengalami kegemukan atau bleding. Karena tebal selimut aspal bertambah dan dapat mengurangi sifat saling kunci antara agregat.

3.1.2 Hubungan Kadar Aspal terhadap Flow

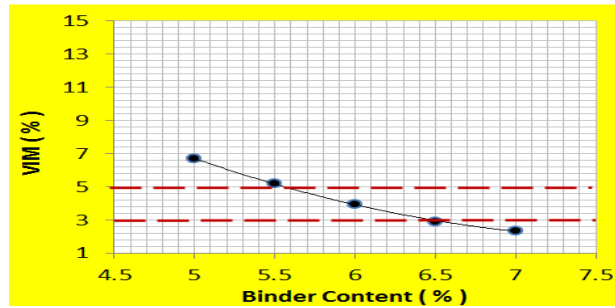


Gambar 2. Grafik Hubungan antara kadar aspal terhadap flow

Dari hasil analisis gambar 2 menunjukkan bahwa nilai flow dari kadar aspal 5,0% mengalami penurunan sampai kadar aspal 6,0% dan mengalami peningkatan pada kadar aspal 6,5% dan 7,0%. Hal ini disebabkan semakin bertambah kadar aspal

maka aspal akan mengisi rongga yang kosong sehingga membuat campuran antara agregat dan aspal saling mengikat dengan baik dan nilai keruntuhan yang terjadi akan rendah. nilai stabilitas yang diperoleh maka nilai flow yang didapat akan semakin rendah.

3.1.3 Hubungan Kadar Aspal terhadap Void in Mixture (VIM)

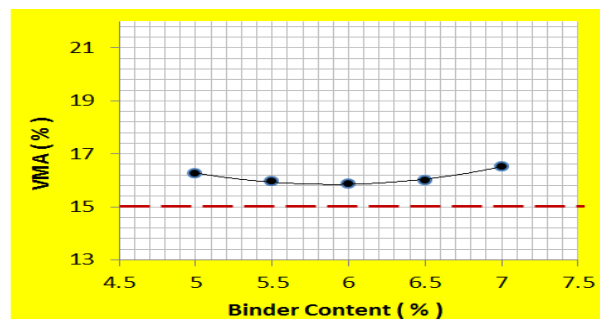


Gambar 3 Grafik hubungan antara kadar aspal terhadap VIM

Dari hasil analisis gambar 3 menunjukkan bahwa nilai VIM dari kadar aspal 4,5% mengalami penurunan nilai presentase volume rongga campuran sampai kadar aspal selanjutnya. Campuran dengan kadar aspal 5% - 5,5% dan 7,0 % tidak memenuhi spesifikasi. Hal ini menggambarkan bahwa volume rongga yang berisi udara pada campuran semakin mengalami penurunan persentase rongga akibat penambahan kadar aspal. Semakin kecil nilai VIM pada

campuran maka semakin semakin besar nilai VMA. Karena, apabila persentase rongga yang terdapat pada campuran semakin kecil, maka persentase rongga diantara butir agregat yang tertutupi aspal semakin besar. Namun, apabila kadar aspal berlebihan aspal akan naik ke permukaan sehingga kadar aspal optimum yang dapat mengisi rongga yang kurang tertutup atau menutupi semua rongga.

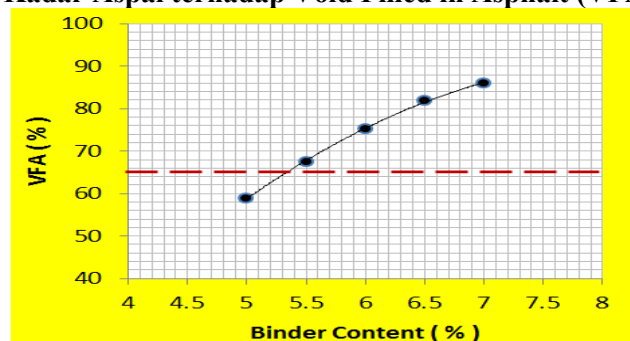
3.1.4 Hubungan Kadar Aspal terhadap Void in Mineral Aggregates (VMA)



Gambar 4 Grafik Hubungan antara kadar aspal terhadap VMA

Dari hasil analisis Gambar 4 menunjukkan bahwa penambahan kadar aspal ke dalam campuran menyebabkan nilai VMA menurun. Hal ini disebabkan karena penambahan kadar aspal membuat ruang yang tersedia untuk menampung volume aspal dan volume rongga udara yang diperlukan dalam campuran semakin sedikit. Setiap variasi kadar aspal pada campuran keseluruhan memenuhi nilai VMA pada campuran berdasarkan spesifikasi Bina Marga yaitu minimal 15%.

3.1.5 Hubungan Kadar Aspal terhadap Void Filled in Asphalt (VFA)



Gambar 5. Grafik Hubungan antara kadar aspal terhadap VFA

Hasil analisis Gambar 5 menunjukkan bahwa pada kadar aspal 4,5% nilai VFA naik

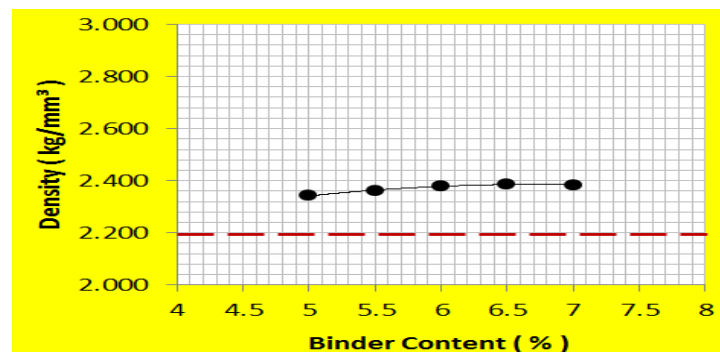
sampai pada kadar aspal 6,5%. Semakin tinggi kadar aspal dalam campuran maka

semakin tinggi nilai VFA dalam campuran. Akan tetapi, kadar aspal 4,5% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga terhadap nilai VFA. Sedangkan kadar aspal 5% hingga kadar aspal 6,5% nilai VFA campuran telah memenuhi spesifikasi.

Hal ini menunjukkan bahwa, nilai VFA atau persentase volume rongga yang berisi aspal mengalami kenaikan seiring bertambahnya kadar aspal yang di gunakan. Hal ini di sebabkan oleh besarnya kadar aspal yang mengisi rongga agregat sehingga bukan

hanya rongga pada agregat yang akan terisi oleh aspal melainkan rongga yang terdapat diantara butiran agregat (VIM) juga terisi oleh aspal. Pada kadar aspal 4,5% persentase VFA belum memenuhi spesifikasi artinya kadar aspal yang di gunakan kurang sehingga volume rongga juga yang terisi menjadi kurang. Semakin besar nilai VFA pada campuran maka semakin kecil nilai VIM. Hal ini menunjukkan bahwa semakin besar pula rongga yang dapat terisi aspal sehingga campuran akan semakin baik.

3.1.6 Hubungan Kadar Aspal terhadap Density

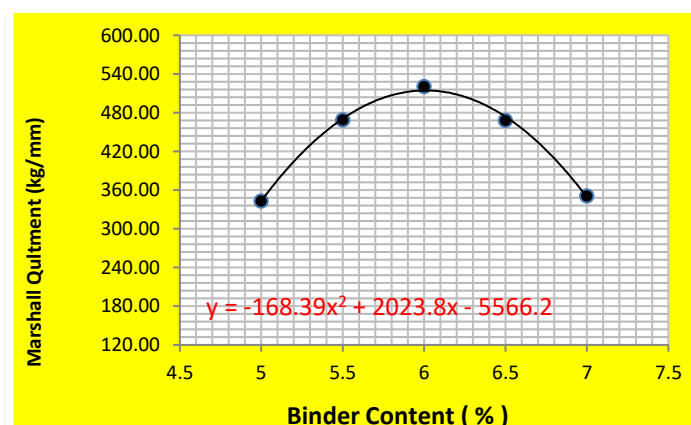


Gambar 6. Grafik hubungan antara kadar aspal terhadap Density

Dari hasil analisis Gambar 6 menjelaskan bahwa nilai density atau kepadatan pada kadar aspal 5% nilai density naik sampai kadar aspal 5,5%, kemudian menurun pada kadar aspal 7%. Kadar aspal 5% hingga 6,5% nilai density campuran telah memenuhi

spesifikasi. Semakin besar kadar aspal yang digunakan pada campuran maka semakin tinggi nilai density atau kepadatan yang dihasilkan dimana aspal akan mengisi rongga – rongga campuran yang akan menambah tingkat kepadatan.

3.1.7 Hubungan Kadar Aspal terhadap Marshall Quotient



Gambar 7. Grafik hubungan antara kadar aspal terhadap Marshall Quotient

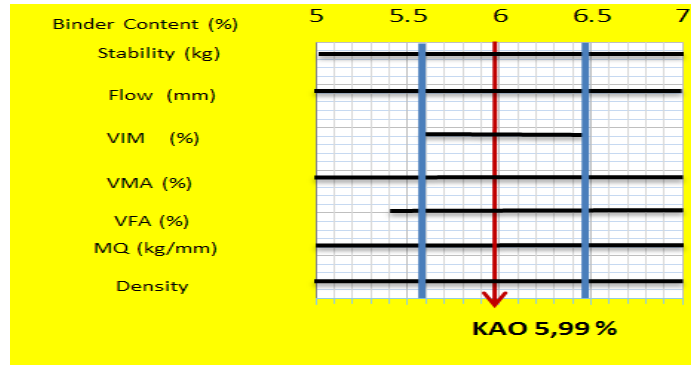
Dari hasil analisis Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai Marshall Quotient bertambah

dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian menurun. Nilai MQ

menunjukkan fleksibilitas campuran, yaitu semakin besar nilai MQ pada suatu campuran maka akan cenderung terlalu kaku dan mudah retak. Namun nilai MQ ini juga

tidak boleh terlalu rendah karena hal tersebut akan menyebabkan campuran rentan terhadap deformasi plastis.

3.1.8 Hubungan Kadar Aspal dengan Karakteristik Campuran Aspal



Gambar 8. Grafik penentuan nilai KAO

Dari hasil analisis Gambar 8 nilai kadar aspal optimum ditentukan dengan menggunakan metode Barchat, nilai kadar optimum ditentukan sebagai nilai tengah dari rentang kadar aspal maksimum dan minimum yang memenuhi spesifikasi semua persyaratan spesifikasi. (Puslitbang, 2002). Nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik Marshal Test, sehingga diperoleh KAO sebesar 5,99%. Nilai kadar aspal optimum (KAO) yang akan digunakan pada perencanaan campuran AC-WC dengan variasi bahan tambah filler Asbuton Lawele dengan variasi kadar filler 0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5%, 3,0% dan 3,5%.

3.2 Hasil Pengujian kepadatan mutlak terhadap Indirect Tensile Strength (ITS) menggunakan Asbuton Lawele

3.2.1 Hubungan Kepadatan Mutlak terhadap Indirect Tensile Strength (ITS) menggunakan Asbuton Lawele

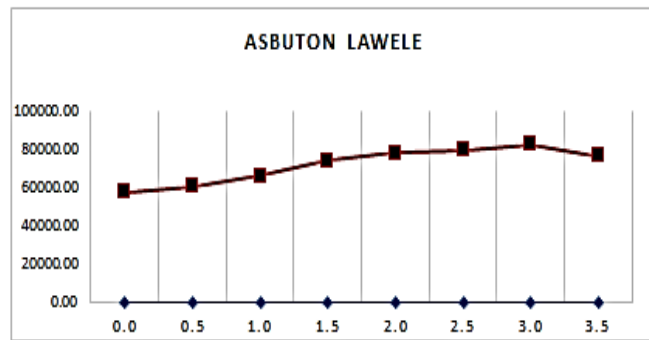
Definisi Kekuatan Tarik atau Nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) adalah kemampuan bahan untuk menerima beban tarik tanpa mengalami kerusakan dan dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus. Beban yang di berikan secara terus-menerus akan mengakibatkan tegangan (*stress*) yang akan diikuti dengan kenaikan regangan sampai pada regangan (*strain*) tertentu, yaitu keadaan saat benda uji mulai retak sehingga terjadi tegangan maksimum. Pada Tabel 4.10 merupakan data yang digunakan untuk mendapatkan nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) dari campuran aspal beton dengan menggunakan bahan tambah Aspal Buton Lawele.

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai ITS (*Indirect Tensile Strength*) pada kepadatan Mutlak dan Kepadatan Standar dengan Asbuton Lawele

Kadar Filler (%)	Nilai ITS (<i>Indirect Tensile Strength</i>) (KPa)
	Asbuton Lawele
0,0	57419,96
0,5	60643,49
1,0	66005,21
1,5	73996,42
2,0	77895,91
2,5	79693,71
3,0	82653,43
3,5	76480,24

Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung ITS (*Indirect Tensile Strength*) dari tiap-tiap

variasi Asbuton Lawele yang digunakan dapat dilihat pada (Gambar 9).



Gambar 9. Hubungan ITS pada Asbuton Lawele terhadap kepadatan mutlak

Berdasarkan Gambar 9 pada persentase kadar asbuton lawele yaitu 0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5%, 3,0% terlihat pada setiap penambahan kadar asbuton lawele, kuat tarik mengalami peningkatan pada kadar filler 0,0% hingga kadar filler 3,0% lalu pada kadar filler 3,5% kuat tarik mengalami penurunan. Semakin besar kadar filler asbuton lawele yang digunakan maka nilai ITS akan semakin besar akan tetapi apabila telah mencapai nilai maksimum, nilai ITS akan menurun.

Dari gambar 9 dapat dilihat hubungan kepadatan mutlak terhadap kuat Tarik, Nilai kuat Tarik kepadatan Mutlak lebih besar

dibanding nilai its Kepadatan Standar. Hal ini disebabkan karena pada kondisi padat maka akan sedikit rongga yang tercipta dan kondisi campuran akan semakin padat dan akan kuat menerima gaya kuat tarik yang terjadi.

3.2.2 Hubungan Kuat Tarik dengan Regangan Kepadatan Mutlak (ϵ) terhadap Variasi Kadar Asbuton Lawele berdasarkan KAO

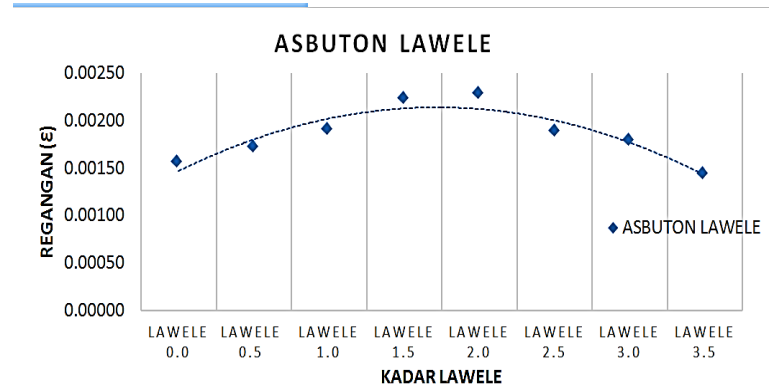
Pada tabel 3 merupakan data yang digunakan untuk mendapatkan nilai Regangan (ϵ) dari pengujian kepadatan mutlak dan normal yang menggunakan abu serat jute, sehingga didapatkan rekapitulasi nilai Regangan (ϵ) (Tabel 3.3).

Tabel 3. Rekapitulasi nilai regangan (ϵ) kepadatan mutlak pada KAO dengan Variasi Kadar Asbuton Lawele

Kadar Filler (%)	Nilai Regangan (ϵ) Asbuton Lawele
0,0	0,00155
0,5	0,00171
1,0	0,00190
1,5	0,00223
2,0	0,00226
2,5	0,00188
3,0	0,00178
3,5	0,00143

Nilai rekapitulasi regangan dari tiap-tiap variasi kadar Asbuton Lawele yang

digunakan dapat dilihat pada (Gambar 10).



Gambar 10 Grafik hubungan Regangan (ϵ) terhadap Kepadatan Mutlak Menggunakan Asbuton Lawele.

Berdasarkan Gambar 10 persentase kadar filler 0,0%, 0,5%, 1,5%, 2,0%, 2,5% . 3,0% dan 3,5 % yaitu nilai regangan mengalami peningkatan pada kadar filler 0,0% hingga kadar aspal 2,0% kemudian pada kadar aspal 2,5 % nilai regangan mengalami penurunan hingga kadar aspal 3,5 %. Jadi apabila kadar filler bahan tambah yang di gunakan untuk campuran berlebihan, maka nilai regangan akan menurun.

3.2.3 Hubungan Kuat tarik dengan Modulus Resilien (MR) terhadap Kepadatan Mutlak Dengan Variasi Kadar Asbuton Lawele berdasarkan KAO

Modulus Resilien merupakan hubungan dari tegangan dan regangan yang menunjukkan

kekakuan dari suatu bahan, setelah nilai tegangan dan regangan dari campuran diperoleh, sehingga dapat dihitung nilai Modulus Resilien dari campuran. Modulus Resilien merupakan faktor yang sangat penting yang akan mempengaruhi kinerja perkerasan aspal karena apabila nilai modulus resilien rendah maka perkerasan mudah retak saat menerima beban yang berat.

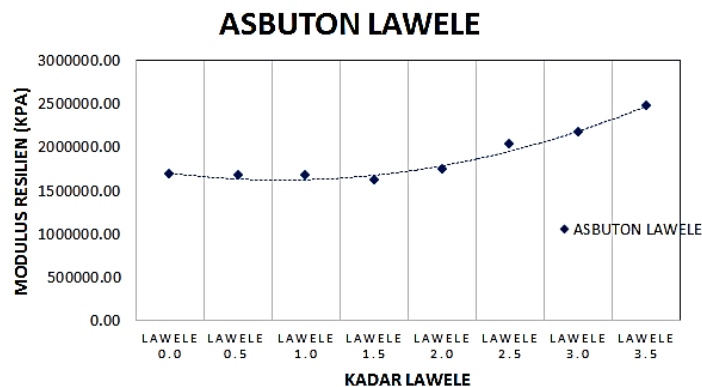
Pada Tabel 2 dan Tabel 3 merupakan data yang digunakan untuk mendapatkan nilai modulus resilien dari campuran aspal beton dengan menggunakan bahan tambah asbuton lawele, sehingga didapatkan rekapitulasi nilai Modulus Resilien yang terdapat pada (Tabel 4).

Tabel 4 Rekapitulasi nilai modulus resilien kepadatan mutlak pada KAO dengan variasi kadar asbuton lawele

Kadar Filler (%)	Nilai Modulus Resilien (kPa)
	Asbuton Lawele
0,0	1677853,79
0,5	1666179,90
1,0	1658718,54
1,5	1617507,10
2,0	1737868,25
2,5	2042589,66
3,0	2158198,67
3,5	2470087,97

Nilai Modulus Resilien dari tiap-tiap variasi kadar Aspal Buton Lawele yang

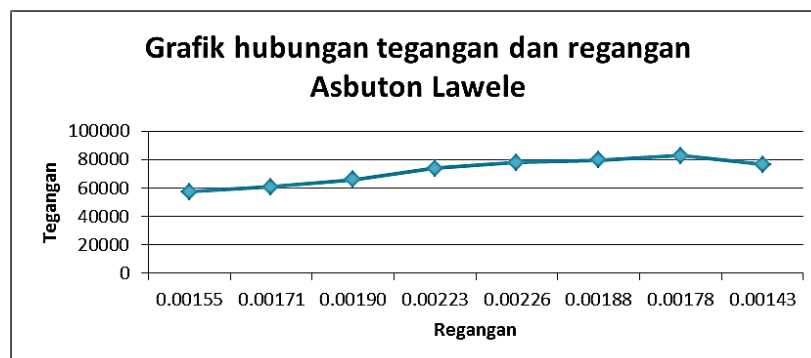
digunakan dapat dilihat pada (Gambar 11).



Gambar 11. Hubungan modulus resilien terhadap kepadatan mutlak dengan menggunakan Asbuton Lawele

Berdasarkan Gambar 11 hubungan modulus resilien terhadap bahan tambah filler Asbuton Lawele pada persentase kadar filler 0,0% nilai modulus resilien mengalami peningkatan hingga kadar filler 3,5%. Sehingga ,semakin banyak penambahan

kadar filler asbuton lawele yang digunakan maka nilia kekakuan (Modulus Resilien) akan semakin besar namun apabila kadar filler asbuton lawele yang di gunakan berlebihan akan membuat campuran menjadi kaku sehingga mengalami kondisi getas.



Gambar 12. Hubungan tegangan dan regangan terhadap substitusi asbuton lawele pada campuran aspal beton dengan kepadatan mutlak.

Berdasarkan Gambar 12 Hubungan Tegangan Regangan asbuton lawele dengan persentase 0,0%, 0,5%, 1,0%, 1,5% 2,0%, 2,5 % 3,0 % dan 3,5 % yaitu nilai tegangan regangan mengalami peningkatan pada kadar 0,5% sampai dengan kadar 3,0% kemudian pada kadar 3,5 % nilai regangan dan tegangan mengalami penurunan. Hal ini seiring dengan pengaruh penambahan Asbuton Lawele, dimana semakin bertambah persentase Asbuton Lawele mempengaruhi tingkat keretakan pada campuran aspal beton dan begitupun sebaliknya apabila penambahan Asbuton Lawele sedikit maka tingkat keretakan itu akan berkurang.

3.3 Pembahasan Indirect Tensile Strength (ITS) terhadap Penggunaan Bahan Tambah berdasarkan KAO

3.3.1 Pengaruh Filler terhadap Kuat Tarik

Penggunaan asbuton lawele sebagai filler dapat meningkatkan nilai kuat tarik. Hal itu dikarenakan pada asbuton lawele terdapat unsur kimia berupa silikat- (SiO_2) sebesar 25%-35% yang hampir sama dengan semen. Dalam pengujian ini, didapatkan kadar filler yang optimum untuk penggunaan aspal buton lawele yaitu 3,5 % dengan nilai kuat tarik 76480,24 KPa.

Oleh karena itu filler asbuton lawele bisa di gunakan sebagai bahan tambah pada campuran untuk bahan pengisi atau filler karena dapat meningkatkan nilai kuat tarik agar campuran lebih kuat dalam memikul beban lalu lintas dan campuran juga menjadi lebih fleksibel, tetapi hanya pada kadar filler yang optimum atau pas. Karena apabila berlebihan, maka campuran akan menjadi kaku sehingga campuran akan lebih mudah retak atau hancur maka pada campuran aspal alami pada asbuton lawele tidak cocok di gunakan di perkerasan lentur apabila melebihi dari kadar aspal yang di rencanakan.

3.3.2 Pengaruh Filler terhadap Regangan

Pengaruh asbuton lawele sebagai filler terhadap regangan yaitu dapat meningkatkan nilai regangan, namun seiring bertambahnya kadar filler, nilai regangan akan semakin kaku. Apabila nilai regangan mulai mengikat, maka benda uji mulai mengalami retak atau keruntuhan sehingga secara perlahan nilai regangan akan menurun. Hubungan antara kuat tarik terhadap regangan yaitu apabila semakin tinggi kuat tarik maka semakin rendah regangan. Karena campuran lebih mampu menahan beban tarik sehingga regangan yang terjadi pada campuran tidak terlalu besar.

3.3.3 Pengaruh Filler terhadap Modulus Resilien

Penggunaan bahan tambah abu marmer sebagai filler semakin tinggi yang digunakan maka meningkatkan nilai modulus resilien karena sifat dari abu marmer memiliki pengikatan yang sangat baik, seiring bertambah nya abu marmer yang sangat berlebihan akan membuat bahan menjadi terlalu kaku sehingga akan mengalami retakan atau keruntuhan Karena apabila nilai modulus resilien tinggi, maka campuran lebih sulit mengalami perubahan bentuk. Hal ini juga diakibatkan karena sifat modulus resilien yang dapat berubah akibat perlakuan suhu.

4. Penutup

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian campuran aspal beton dengan penggunaan bahan tambah

filler asbuton lawele dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Penggunaan bahan tambah asbuton lawele sebagai filler pada campuran aspal beton mampu menahan kuat Tarik pada lapisan perkerasan jalan raya dan tidak mudah mengalami keretakan karena sifat kandungan unsur kimia asbuton lawele memiliki pengikatan yang baik sehingga nilai Modulus Resilien untuk campuran aspal beton menggunakan variasi asbuton lawele 2,0 % yang paling baik digunakan dalam penelitian ini yaitu 1737868,25 Mpa karena pada saat penambahan variasi kadar asbuton lawele 2,0% mempunyai nilai regangan yang paling baik, karna pada saat nilai regangannya menurun modulus resilien akan semakin kaku dan benda uji akan mulai mengalami retak atau keruntuhan.
- 2) Pada penggunaan bahan tambah asbuton lawele pada campuran aspal beton pada kadar 0 - 1,5 % mengalami peningkatan fleksibilitas di substitusi asbuton lawele pada campuran aspal beton dengan kepadatan mutlak dan terjadi penurunan fleksibilitas campuran di kadar 2,0 % - 3,5 %.Hal ini dapat di lihat bahwa semakin besar penambahan asbuton lawele maka dapat membuat campuran menurunkan tingkat fleksibilitas pada campuran.

4.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian diusulkan beberapa saran sebagai berikut:

- 1) Penelitian ini diharapkan dapat dikembangkan lebih lanjut untuk meneliti lebih mendalam pengaruh penggunaan asbuton lawele sebagai filler pada Lataston, Latasir, maupun jenis lapisan perkerasan lain.
- 2) Disarankan untuk penelitian selanjutnya untuk meneliti dengan menggunakan jenis aspal yang lebih bervariasi untuk lebih mengetahui pengaruh bahan tambah asbuton lawele dengan jenis aspal yang berbeda.

Daftar Pustaka

AASHTO. 1982. Standart Spesification For Transportation Materials and Method of

Analisa Modulus Resilien di Substitusi Asbuton Lawele pada Campuran Aspal Beton dengan Kepadatan Mutlak

- Sampling and Testing, Part I: Specification. Washington DC.
- ASTM D2726-04. 2017. Standard Test Method for Bulk Specific Gravity and Density of Non-Absorptive Compacted Bituminous Mixtures. West Conshohocken.
- Ahmad, Malik. 2010. Kajian Karakteristik Indirect Tensile Strength Asphalt Concrete Recycle Dengan Campuran Aspal Penetrasi 60/70 dan Residu Oli pada Campuran Hangat. Surakarta: Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret
- Andri, Setiawan, A. & Pradani, N., 2012. Pengaruh Penggunaan Kapur Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Terhadap Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus (AC-WC). Jurnal Rekayasa dan Manajemen Transportasi, Volume II.
- Andri & Arief Setiawan. 2015. Pemanfaatan Kapur Tondo Sebagai Filler Pada Campuran Beton Aspal Lapis Aus. Bandar Lampung
- Astuti, Wedyorini Windi. 2015. Analisis Pengaruh Bahan Tambah Kapur Terhadap Karakteristik RAP (Reclaimed Asphalt Pavement). Surakarta
- Bina Marga. 1983. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston) no 13/PT/B/1983. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. 1987. Lapisan Aspal Beton Petunjuk Pelaksanaan Lapis aspal beton (Laston) Untuk Jalan Raya. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga.
- Bina Marga. 2010. Spesifikasi Umum Jalan dan Jembatan Edisi 2010. Jakarta: Direktorat Jendral Bina Marga
- Brown, Stephen. 1990. The Shell Bitumen Handbook. Chertsey: Shell Bitumen U.K.
- Garrick, N. W., & Biskur, R. R. 1990. Effects of Asphalt Properties on Indirect Tensile Strength
- Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya 2008. Petunjuk Pelaksanaan Praktikum Bahan Perkerasan Jalan Raya. Makassar: Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia.
- SKBI-2.4.26, 1987. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (laston) Untuk Jalan Raya
- Sudjana. 1996. Metoda Statistika. Edisi 6. Bandung: Tarsito.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Penerbit Nova.
- Sukirman, Silvia. 2003. Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Penerbit Granit.
- Sulaksono, Sony W. 2001. Rekayasa Jalan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Walpole, Ronald E. 1995. Pengantar Statistika. Edisi ke-3. Jakarta: Gramedia.
- Wardiyatmoko, K.. 2006. Geografi SMA Kelas XI. Jakarta: Erlangga
- Wijaya, Ardyansah & Muhammad Ali. 2015. Pengaruh Variasi Perendaman Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton dengan Menggunakan Bottom Ash dan Fly Ash sebagai Filler.
- Yacob, M. & Wesli, 2017. Pengaruh Kadar Filler Abu Batu Kapur Dan Abu Tempurung Kelapa Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton (AC-BC). Teras Jurnal, Volume 7, p. 213.
- Zulkifli, dkk. 2012. Kajian Laboratorium Limbah Marmer Sebagai Filler Dalam Campuran Aspal Aspal Beton Lapisan Antara (AC-BC)