

Analisa Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dan Bahan Tambah Serat Selulosa terhadap Nilai Modulus Elastisitas dan Angka Poison dengan Variasi Suhu Pengujian

Muh Ismail Syafar ^{1*}, St Maryam H ², Andi Alifuddin ³

1*) Magister Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar,
ismailsyafar@gmail.com

2) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

3) Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Abstract

One of the efforts that can improve the service performance of road pavement is to apply a technology on asphalt material by adding additives. One of the alternative additives that can be used for asphalt concrete mixtures is cellulose fiber. Rice bran is an example of natural cellulose fiber commonly known as cellulose rice fiber, which is currently only used as raw material for the chicken food industry. To increase the usefulness of rice bran, it was tried to be used in this study, on the grounds that rice bran is one of the natural fibers and is easy to find and cheap. The purpose of this study was to analyze the effect of cellulose fiber on the modulus of elasticity and poison number in the Split Mastic Asphalt (SMA) mixture and to analyze the effect of cellulose fiber on the variation of the test temperature in the Split Mastic Asphalt (SMA) mixture. The analytical method used is data from Marshall test results and then processed with regression and correlation analysis. The results showed that the addition of rice bran to the SMA asphalt mixture could increase the tensile strength value from 0% variation to 0,3% variation of 12.084,44 Kpa. And there is a decrease in the tensile strength value from 0,4% variation, to 0,5% variation of 11.938,85 Kpa. The effect of the test temperature on the Indirect Tensile Strength is that the higher the test temperature, the lower the elastic modulus.

Keywords: Cellulose Fiber, Elasticity Modulus, Poison Number, Split Mastic Asphalt, Temperature Variation..

Abstrak

Salah satu upaya yang juga dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja pelayanan dari perkerasan jalan adalah dengan menerapkan suatu teknologi pada material aspal dengan menambahkan bahan aditif. Salah satu alternatif bahan aditif yang dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk campuran beton aspal yaitu serat selulosa. Dedak padi adalah salah satu contoh serat selulosa alami yang biasa dikenal dengan nama cellulosa rice fiber, yang saat ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pakan. Untuk meningkatkan kegunaan dedak padi, maka dicoba digunakan dalam penelitian ini, dengan alasan bahwa dedak padi merupakan salah satu serat (fiber) alami dan mudah ditemukan serta murah. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh serat selulosa terhadap modulus elastisitas dan angka poison pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dan untuk menganalisis pengaruh serat selulosa terhadap variasi suhu pengujian pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA). Metode analisis yang digunakan adalah Data dari hasil pengujian Marshall kemudian diproses dengan analisis regresi dan korelasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan dedak padi pada campuran aspal SMA dapat meningkatkan nilai kuat tarik dari Variasi 0% hingga Variasi 0,3% sebesar 12084,44 Kpa. Dan terjadi penurunan nilai kuat tarik dari Variasi 0,4%, sampai Variasi 0,5% sebesar 11938,85 Kpa. Pengaruh suhu pengujian pada Indirect Tensile Strength yaitu semakin tinggi suhu pengujian maka semakin rendah modulus elastisitasnya.

Kata Kunci: Angka Poison, Modulus Elastisitas, Serat Selulosa, Split Mastic Asphalt, Variasi Suhu.

1. PENDAHULUAN

Istilah campuran SMA di Amerika dikenal dengan singkatan dari Stone Matrix Asphalt, sedangkan di Eropa adalah Split Mastic Asphalt. Jenis campuran SMA pada kedua negara banyak diaplikasikan karena memiliki ketahanan terhadap deformasi (rutting) serta memiliki beberapa keuntungan bagi pengguna jalan, yaitu diantaranya mempunyai ketahanan gelincir (skid resistant) yang cukup tinggi serta mengeliminasi kebisingan (SNI 8129:2015)

Split Mastic Asphalt (SMA) yang merupakan jenis perkerasan lentur yang dikembangkan di Jerman sekitar pertengahan tahun 1960-an. Jenis perkerasan ini dianggap mempunyai kelebihan dibandingkan dengan jenis perkerasan lainnya karena perkerasan SMA mempunyai ketahanan terhadap alur, fleksibilitas dan durabilitas yang tinggi. Indonesia mulai mengenal Split Mastic Asphalt (SMA) sekitar tahun 1990-an akan tetapi masih sangat jarang dijumpai, namun jenis perkerasan ini perlu dipertimbangkan menjadi salah satu solusi mengatasi kerusakan jalan, khususnya yang berkaitan dengan kerusakan retak dan alur. Hal ini didukung oleh uji coba skala penuh yang telah dilakukan Pusjatan pada tahun 2010 mengenai penggunaan teknologi SMA dengan serat selulosa yang dikemas dalam bentuk pelet pada ruas jalan di Jawa Barat (Jatibarang-Palimanan) dengan ketebalan sekitar 5 cm padat yang sampai saat ini masih dalam kondisi baik (Iriansjah, 2010 dalam Suaryana, 2012)

Salah satu upaya yang juga dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja pelayanan dari perkerasan jalan adalah dengan menerapkan suatu teknologi pada material aspal dengan menambahkan bahan aditif. Salah satu alternatif bahan aditif yang dapat digunakan sebagai bahan tambah untuk campuran beton aspal yaitu serat selulosa. Dedak padi adalah salah satu contoh serat selulosa alami yang biasa dikenal dengan nama cellulosa rice fiber, yang saat ini hanya dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pakan. Untuk meningkatkan kegunaan dedak padi, maka dicoba digunakan dalam penelitian ini, dengan alasan bahwa dedak padi merupakan salah satu serat (fiber) alami dan mudah ditemukan serta murah.

Temperatur campuran beraspal panas merupakan satu-satunya faktor yang paling penting dalam pemadatan, karena mempengaruhi viskositas aspal yang digunakan. Menaikkan temperatur pemadatan mengakibatkan partikel agregat dalam campuran beraspal panas dapat dipadatkan lebih baik lagi. Kerapatan (density) pada saat pemadatan terjadi pada suhu lebih tinggi dari 275°F (135°C). Kerapatan menurun dengan cepat ketika pemadatan dilakukan pada suhu lebih rendah (Suparyanto, 2008).

Temperatur mempengaruhi tingkat kerapatan beton aspal yang pada akhirnya akan mempengaruhi kinerja beton aspal tersebut. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur uji, semakin menurun nilai modulus elastisitas beton aspal. Tetapi semakin tinggi temperatur, semakin tinggi pula nilai angka Poisson, yang berarti campuran beton aspal lebih fleksibel.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh serat selulosa terhadap modulus elastisitas dan angka poisson pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA) dan untuk menganalisis pengaruh serat selulosa terhadap variasi suhu pengujian pada campuran Split Mastic Asphalt (SMA).

2. METODE

A. Alat dan Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

- Aspal yang digunakan yaitu Aspal Minyak penetrasi 60/70 (AC 60/70) produksi Pertamina.

- Agregat yang digunakan yaitu Agregat kasar dan abu batu yang diambil dari proses pemecahan batu alam di daerah bili-bili, Kab. Gowa kemudian dilakukan pengujian sampel.
- Bahan tambah yang digunakan yaitu Serat selulosa yang berupa dedak padi, diperoleh dari Kota Pinrang.

Penelitian ini menggunakan alat-alat seperti Indirect Tensile Strenght (ITS) dan Marshall Test, di Laboratorium Bahan Perkerasan Jalan Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Muslim Indonesia.

B. Tahapan Penelitian

a) Pemeriksaan Karakteristik Bahan

Setelah proses persiapan sudah selesai, maka semua sampel yang digunakan dalam penelitian ini sebelumnya diuji laboratorium untuk mendapatkan bahan yang memenuhi syarat-syarat bahan pekerjaan jalan. Adapun pengujian yang akan dilakukan seperti di bawah ini adalah :

- a. Pengujian Aspal berupa Penetrasi Aspal keras (SNI 06-2456-1991), Titik lembek (SNI 06-2456-1991), Viscositas (SNI 06-2456-1991), Titik nyala Titik bakar (SNI 06-2456-1991), Daktilitas (SNI 06-2456-1991) dan Berat Jenis (SNI 06-2456-1991)
- b. Pengujian Agregat berupa Analisa Saringan (spesifikasi bina marga 2010), Berat Isi (AASHTO T-19-71 dan ASTM C 27-71), Berat jenis dan penyerapan (AASHTO T-85-74 dan ASTM G. 127-68), Soundness Test (ASTM C. 88-60) dan Kelekatan Agregat terhadap Aspal (AASHTO – 182)

b) Perencanaan Campuran

Penentuan Komposisi Campuran dengan metode *Triall and Error* Prinsip penentuan proporsi agregat untuk mendapatkan gradasi gabungan yang memenuhi spesifikasi adalah sebagai berikut:

1. Penentuan gradasi setiap fraksi yang digunakan berdasarkan persen berat lolos saringan.
2. Dengan menggunakan metode *Trial and Error* dilakukan penggabungan agregat dan diperoleh persen proporsi masing-masing fraksi dari berat total agregat.
3. Persen proporsi agregat masing-masing, dikalikan dengan persen lolos setiap saringan dari masing-masing fraksi dan jumlahkan untuk gradasi gabungan pada nomor saringan.

Dari hasil analisa saringan, dilakukan penggabungan agregat dengan menggunakan metode *Trial and Error*, prinsip kerja *Trial and Error* adalah :

1. Memahami batasan gradasi yang disyaratkan .
2. Memasukkan data spesifikasi gradasi pada kolom spesifikasi.
3. Memasukkan persentase lolos saringan, masing-masing jenis batuan kedalam persentase *passing*.
4. Masukkan spesifikasi ideal yaitu nilai salah satu dari spesifikasi ideal yang disyaratkan.
5. Mengambil salah satu dari spesifikasi ideal dengan jenis yang ada, dalam hal agregat kasar, halus dan filler. Kemudian campuran ketiganya dengan jumlah 100 % dan nilai penggabungannya mendekati nilai spesifikasi ideal yang telah kita ambil.
6. Jika sudah mendekati salah satu nilai spesifikasi ideal dari ketiga agregat tadi, yang lain dihitung dengan persentase yang sama.

C. Penentuan Kadar Aspal Rencana

Untuk mendapatkan kadar aspal yang optimum, terlebih dahulu diketahui proporsi agregat, dimana kita lakukan sebelumnya. Dari hasil tersebut dapat diketahui komposisi agregat dan kadar aspal yang digunakan. Penentuan kadar aspal optimum akan dilakukan dengan melakukan pembuatan dan pengujian benda uji (briket).

D. Penentuan Berat Agregat dan Berat Aspal

Setelah diperoleh komposisi agregat campuran, maka ditentukan masing-masing berat agregat dan berat aspal. Pembuatan campuran untuk benda uji marshall dilakukan dengan temperatur pada viskositas 170 ± 20 cst, temperatur pemadatan 100-120 cst. Untuk mendapatkan permukaan agregat yang kering sebaiknya dioven terlebih dahulu sampai beratnya tetap. Agregat kemudian dicampur dengan aspal sesuai dengan berat aspal yang dibutuhkan untuk masing-masing briket. Setelah tercampur rata agregat tersebut dituang ke dalam mold yang telah dipersiapkan. Kemudian dilakukan pemadatan dari tiap sisi briket.

Dalam penelitian ini dilakukan 50 kali tumbukan untuk Stone Matrix Asphalt (untuk lalu lintas berat) pada tiap sisinya. Selanjutnya sampel yang telah dipadatkan tersebut dikeluarkan dari dalam mould.

E. Rencana Pembuatan Benda uji

Pembuatan benda uji dilakukan setelah bahan-bahan penyusun aspal beton telah melalui pemeriksaan dan memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan. Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat ditentukan dengan memvariasikan kadar aspal, diambil 5 (lima) variasi kadar aspal (Tabel 1)

Tabel 1 Sampel Benda Uji

No.	Jenis Sampel	Jumlah Sampel
1.	KAO dengan variasi kadar aspal rencana	15
2.	Kadar aspal rencana optimum ditambahkan bahan tambah Serat Selulosa dengan variasi 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%, 0.8%	15
3.	Variasi Suhu 3 x 20 °, 3 x 30 °, 3 x 40 °, 3 x 50 °, 3 x 60° dengan kadar bahan tambah optimum	15
Total benda uji		45

F. Rencana Pengujian Indirect Tensile Strenght (ITS)

Pengujian *Indirect Tensile Strenght* (ITS) dimaksudkan untuk mendapatkan nilai tegangan(σ), regangan(e), modulus elastisitas(λ) dan angka poison (μ) pada variasi campuran dengan bahan tambah Serat selulosa.

G. Metode Analisis Data

Data dari hasil pengujian Marshall kemudian diproses dengan analisis regresi dan korelasi yang mana persamaan regresi ini dapat menggambarkan perilaku dari hasil pengujian. Regresi merupakan suatu garis yang membentuk suatu fungsi yang menghubungkan antara titik-titik dengan kedekatan semaksimal mungkin. Korelasi merupakan ukuran kecocokan suatu model regresi yang digunakan sebagai data. Besarnya korelasi dilambangkan dengan huruf R, yang mana jika $R=0$ berarti tidak ada hubungan sama sekali antara dua variabel

data yang dianalisis. Sebaliknya jika $R = \pm 1$ maka kedua variabel data yang dianalisis terdapat hubungan yang kuat. Persamaan garis regresi mempunyai berbagai bentuk baik linear maupun non linear. Dalam persamaan itu dipilih bentuk persamaan yang memiliki penyimpangan kuadrat terkecil. Beberapa jenis persamaan regresi seperti berikut:

1. Persamaan linear (**Persamaan 1**)

$$y = a + b x \quad (1)$$

2. Persamaan parabola kuadratik (polynomial tingkat dua)

$$y = a + bx + cx^2 \quad (2)$$

3. Persamaan parabola kubik (polynomial tingkat tiga)

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 \quad (3)$$

Keterangan :

Y = Nilai variabel terikat

x = Nilai variabel bebas

a, b, c, d = koefisien

Setelah analisis regresi dilakukan maka dapat dilakukan pembahasan dan pengambilan kesimpulan nilai karakteristik Marshall dari campuran dan didapatkan nilai Kadar Aspal Optimumnya (KAO).

Sedangkan data untuk kuat tarik tidak langsung, dan uji durabilitas menggunakan bahan tambah serat selulosa diproses dengan perbandingan presentasi kenaikan ataupun penurunan. Data yang didapat dari pengujian dilakukan perhitungan sesuai dengan rumus yang ada di bab II untuk kemudian dilakukan perbandingan nilai yang dihasilkan dalam pengujian tersebut. Dari analisis data yang didapat, kemudian dibahas dan dibandingkan dengan *split mastic asphalt* tanpa penggunaan bahan tambah serat selulosao.

3. PEMBAHASAN

Agregat halus dan kasar diambil di Bili-bili Kab. Gowa, Sulawesi Selatan yang telah disiapkan sesuai dengan fraksi pada syarat gradasi campuran AC-WC diuji karakteristiknya di laboratorium Bahan Perkerasan Jala Fakultas Teknik UMI untuk memastikan bahwa agregat yang digunakan memenuhi persyaratan berdasarkan Spesifikasi Umum Perkerasan Aspal – Divisi 6 Tahun 2018 sebagai bahan campuran beton aspal AC-WC.

Pemeriksaan agregat kasar berupa pemeriksaan gradasi agregat, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat kasar, pemeriksaan keawetan (soundness test), dan pemeriksaan berat isi agregat kasar telah dilakukan. juga dilakukan pemeriksaan agregat halus (abu batu) berupa pemeriksaan gradasi abu batu, pemeriksaan berat jenis dan penyerapan abu batu, pemeriksaan sand equivalent abu batu, pemeriksaan keawetan (soundness test) abu batu, pemeriksaan berat isi agregat halus dan gradasi campuran. Hasil pemeriksaan telah sesuai dengan spesifikasi. Hasil pemeriksaan Aspal Pertamina dan pemeriksaan aspal dengan penambahan dedak padi yang telah di lakukan masuk dalam batasan spesifikasi standar sesuai dengan Spesifikasi Umum Tahun 2018 – Divisi 6.

A. Hasil dan Analisis Pengujian *Marshall Test*

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum campuran tanpa bahan tambah dedak padi maka dibuat tiga buah sampel briket, menggunakan pemadat Marshall dengan jumlah tumbukan sebanyak 2×50 dengan variasi kadar aspal sesuai dengan rancangan campuran AC-WC, yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%. Hasil pengujian karakteristik Marshall campuran *Split*

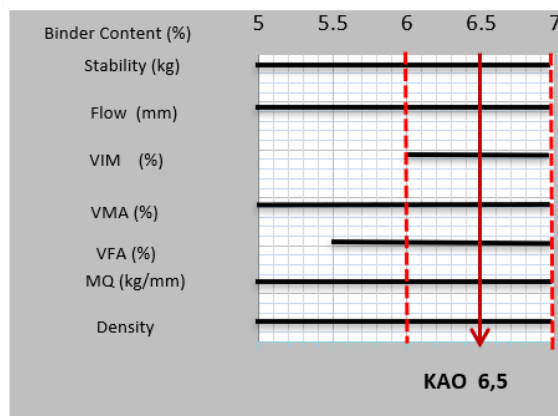
Mastic Asphalt (SMA) tanpa bahan tambah dedak padi (0% dedak padi) dapat dilihat pada Tabel 4.9. menunjukkan bahwa tidak semua hasil pengujian masuk dalam spesifikasi karakteristik campuran *SMA* sesuai dengan Spesifikasi Umum Pekerjaan Jalan oleh Bina Marga tahun 2018. Dari Tabel dibuat grafik karakteristik campuran *SMA* tanpa penambahan dedak padi terhadap variasi kadar aspal yang telah ditentukan sebelumnya untuk memperoleh kadar aspal optimum. Berdasarkan hasil pengujian, maka diperoleh nilai kadar aspal terhadap karakteristik campuran seperti pada **Tabel 2** berikut

Tabel 2 Rekapitulasi Pengujian Marshall Campuran SMA Pen 60/70 untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)

Sifat-sifat campuran	Hasil Pengujian					Spesifikasi
	5	5,5	6	6,5	7	
Kadar Aspal (%)						
Stabilitas;kg	639,08	687,99	704,534	690,35	657,05	600-1800 kg
Flow; mm	2,6	2,4	2,4	2,5	2,7	2-4 mm
VIM; %	6,64	5,69	4,92	4,26	3,75	3-5%
VMA; %	17,38	17,55	17,87	18,29	18,85	≥ 17%
VFA; %	61,86	67,73	72,46	76,72	80,17	≥ 68%
MQ; kg/mm	246,10	286,92	293,82	272,77	229,98	Min 190 kg/mm
Density	2,234	2,242	2,245	2,245	2,242	≥2.2 kg/mm ³

B. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dengan metode *Barchart*

Selanjutnya untuk memperoleh kadar aspal optimum (KAO) campuran AC-WC tanpa penambahan Dedak padi dibuat bar-chart dari grafik karakteristik yang telah dibuat sebelumnya pada Gambar sehingga diperoleh KAO sebesar 6,5% terhadap berat kering agregat



Gambar 1 Barchart Penentuan Nilai KAO

Dari hasil analisis **Gambar 1. Barchart** hubungan kadar aspal dengan karakteristik campuran di gunakan nilai tengah pada grafik yang memenuhi karakteristik *Marshall Test*, sehingga diperoleh KAO sebesar 6,5%.

$$KAO = \frac{6\% + 7\%}{2} = 6,5\% \quad (4)$$

Dari data rekapitulasi karakteristik *Marshall* pada tabel 4.8 diperoleh keadaan kadar aspal optimum berdasarkan spesifikasi campuran yang digunakan dan yang diperoleh dari hasil uji *Marshall Test*. Kadar aspal optimum yang digunakan yaitu sebesar 6,50%.

Tabel 3 Rekapitulasi Marshall untuk Kadar Aspal Optimum (KAO)

Karakteristik	KAO 6,5%	Spesifikasi
Stabilitas;kg	690,35	600-1800 kg
Flow; mm	2,5	2-4 mm
VIM; %	4,26	3-5%
VMA; %	18,29	≥ 15%
VFA; %	76,72	≥ 63%
MQ; kg/mm	272,77	Min 250 kg/mm
Density	2,245	≥2.2 kg/mm ³

Kadar Aspal Optimum (KAO) pada suatu campuran AC-WC mempengaruhi karakteristik campuran aspal seperti *Density*, *Void In Mix* (VIM), *Void In Material Agregates* (VMA), *Void Filled with Asphalt* (VFA), *Stability*, *Flow*, dan *Marshall Quotient*. Dimana VIM menurun secara konsisten dengan bertambahnya kadar aspal. VFA secara konsisten bertambah dengan bertambahnya kadar aspal. *Stability* naik dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian turun. *Flow* secara konsisten terus naik dengan bertambahnya kadar aspal. *Marshall Quotient* bertambah dengan bertambahnya kadar aspal sampai batas tertentu kemudian menurun.

C. Hasil dan Analisis Pengujian *Indirect Tensile Strength* (ITS) terhadap Penggunaan Bahan Tambah Serat Selulosa (Dedak Padi)

Memvariasikan kadar bahan tambah dalam pengujian ini untuk melihat pengaruh perlakuan kuat tarik terhadap karakteristik campuran SMA berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah di dapatkan, hasil dari variasi kadar Dedak padi yang digunakan untuk menentukan pengaruh kadar bahan tambah Dedak padi dan suhu pengujian terhadap kuat tarik pencampuran. Variasi Dedak padi yang digunakan yaitu dengan persentase 0,1% , 0,2% , 0,3% , 0,4% , 0,5% dan variasi suhu yang digunakan 30°, 40°, 0° dengan menggunakan kadar aspal optimum yang telah diperoleh dari pengujian marshall test KAO yang diambil yaitu yang memenuhi spesifikasi.

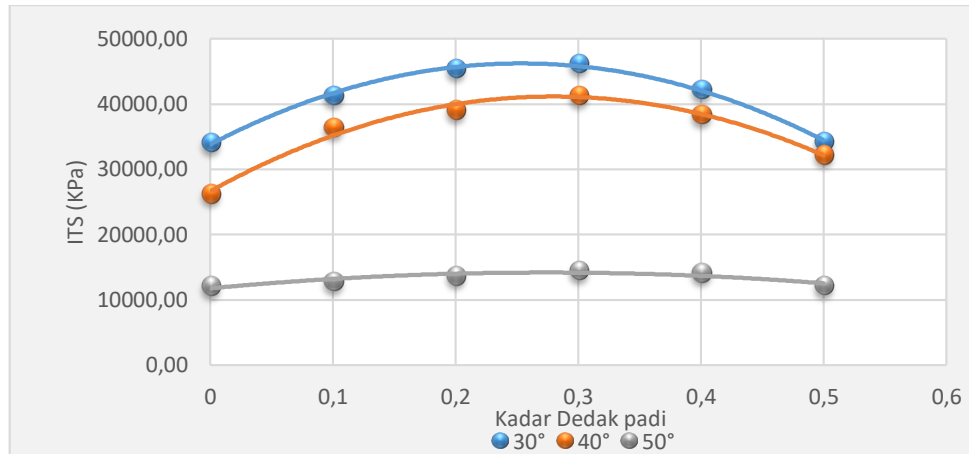
c) Hubungan *Indirect Tensile Strength* (ITS) Terhadap Penambahan Variasi Dedak Padi dan Variasi Suhu Pengujian Berdasarkan KAO

Kuat tarik tidak langsung (*Indirect Tensile Strength*) adalah kemampuan lapisan perkerasan untuk menahan beban berupa tarikan yang terjadi pada arah horizontal. Uji Kuat tarik tidak langsung digunakan untuk mengetahui kemungkinan terjadinya retakan pada lapis perkerasan.

Pada **Gambar 2** merupakan data hasil pengujian ITS (*Indirect Tensile Strength*) dari campuran aspal beton dengan menggunakan bahan tambah Dedak padi, sehingga didapatkan rekapitulasi nilai ITS. Nilai *Indirect tensile strength* adalah nilai gaya tarik tak langsung yang terjadi pada campuran Beton aspal. Besarnya nilai berdasarkan hasil dari pemberian beban secara berkelanjutan yang mengakibatkan terjadinya kenaikan tegangan (stressing) dan berbanding lurus dengan kenaikan regangan (strain), sampai pada kondisi regangan maksimum yaitu keadaan benda uji mulai runtuh (mengalami keretakan),

Pada saat tercapai suatu regangan tertentu dan benda uji mulai runtuh atau mengalami retak, berarti tegangan yang terjadi telah mencapai maksimum. Setelah itu regangan yang terjadi

akan semakin besar, yang disebabkan oleh semakin turunnya ikatan dalam benda uji karena mengalami retak yang berakibat pada pecahnya benda uji.



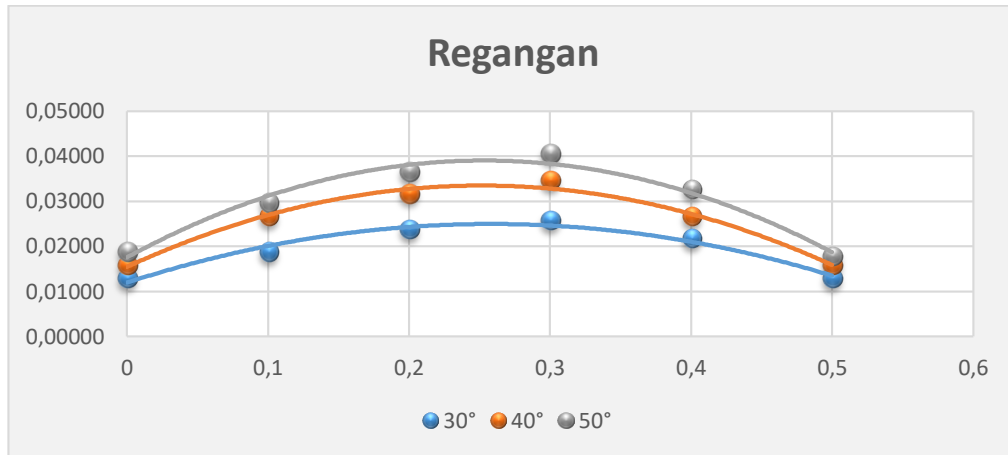
Gambar 2 Hubungan ITS terhadap Dedak Padi dan Suhu

Pada persentase kadar bahan tambah dedak padi yaitu 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, dan 0,5%. Menunjukkan nilai indirect tensile strength atau kuat tarik tidak langsung mengalami peningkatan pada variasi dedak padi 0,1%, 0,2% dan 0,3%, lalu mengalami penurunan variasi 0,4% sampai 0,5%. Oleh karena itu dedak padi di gunakan sebagai bahan tambah Serat selulosa pada campuran untuk bahan pengikat 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 Dedak padi yang optimum atau pas. Karena apabila berlebihan, maka campuran akan menjadi kaku sehingga campuran akan lebih mudah retak atau hancur.

d) Hubungan Regangan (ϵ) terhadap Variasi Kadar *Dedak padi* dan variasi suhu pengujian berdasarkan KAO

Dari hasil pengujian ITS di dapatkan nilai Regangan (ϵ) campuran. Regangan merupakan perubahan benda karena gaya dari luar dibandingkan dengan ukuran semula. Pengaruh penambahan variasi Dedak padi terhadap regangan yaitu dapat menurunkan nilai regangan, namun seiring bertambahnya kadar Dedak padi, nilai regangan semakin kaku. Apabila nilai regangan mulai mengikat, maka benda uji mulai mengalami retak atau keruntuhan.

Persentase variasi dedak padi 0%, 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4% dan 0,5% yaitu nilai regangan mengalami peningkatan pada kadar dedak padi 0,1%, 0,2% dan 0,3% kemudian mengalami penurunan pada kadar 0,4% sampai kadar 0,5%. Sehingga semakin banyak penambahan dedak padi maka nilai regangan akan meningkat pada batas tertentu. Penggunaan variasi dedak padi pada kadar 0,4% - 0,5% terus mengalami penurunan regangan, hal ini disebabkan ketidak mampuan benda uji dalam menerima tegangan (**Gambar 3**)

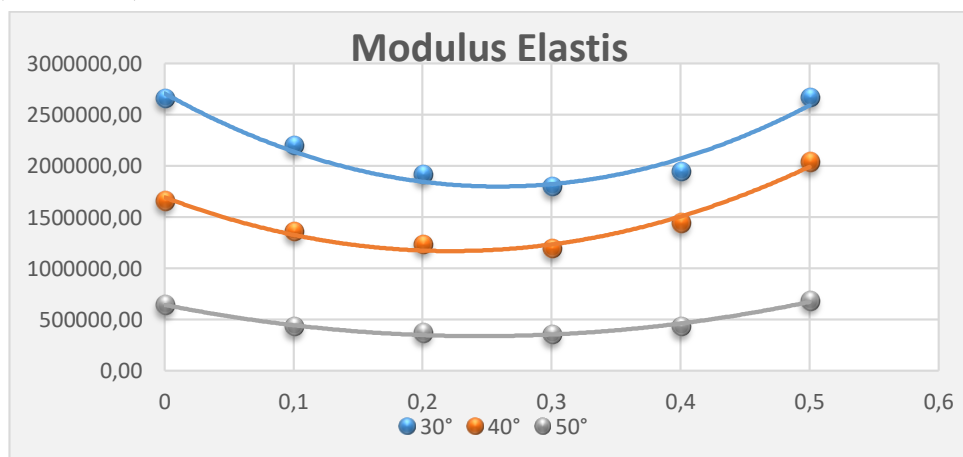


Gambar 3 Hubungan Regangan (ϵ) Terhadap Dedak padi dengan variasi Suhu pengujian

e) Hubungan Modulus Elastis dengan Kadar Dedak Padi dan Variasi Suhu Pengujian Terhadap KAO.

Nilai rekapitulasi regangan dari tiap-tiap variasi Dedak padi dan suhu pengujian yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 4** berikut. Modulus Elastis merupakan hubungan dari tegangan dan regangan yang menunjukkan kekakuan dari suatu bahan.

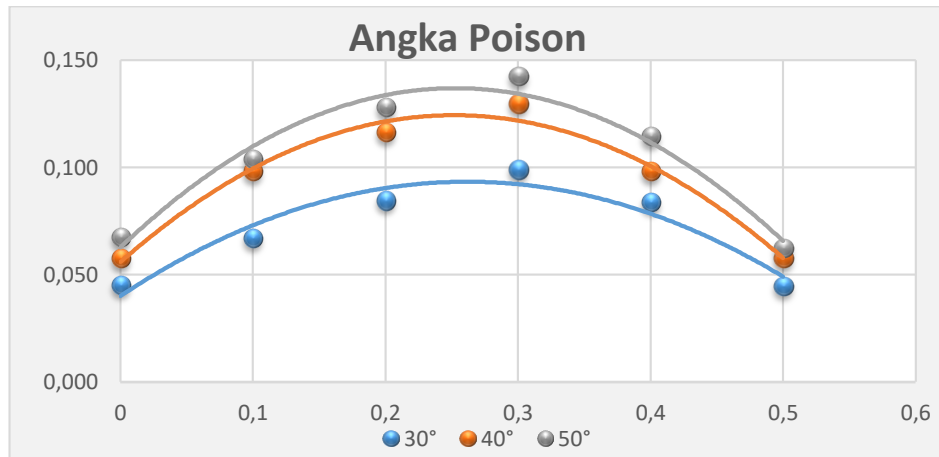
hubungan modulus elastis terhadap bahan tambah dedak padi pada persentase kadar 0,1%-0,3% nilai modulus elastis mengalami penurunan kemudian pada persentase kadar 0,4% hingga kadar 0,5% mengalami peningkatan. Apabila bahan tambah yang di gunakan berlebihan, maka nilai modulus elastis akan tinggi. Penggunaan dedak padi sebagai bahan tambah yang berlebihan dapat meningkatkan nilai modulus elastis. Hubungan antara modulus elastis dengan regangan yaitu berbanding terbalik, apabila semakin rendah nilai modulus elastis maka semakin tinggi nilai regangan. Karena apabila nilai modulus elastis rendah, maka campuran lebih sulit mengalami perubahan bentuk. Hal ini juga diakibatkan karena sifat modulus elastis yang dapat berubah akibat penambahan paduan dan perlakuan panas. (**Gambar 4**)



Gambar 4 Hubungan Modulus Elastis dengan kadar Dedak padi dan variasi suhu pengujian

f) Hubungan Angka Poison Terhadap Penambahan Variasi Dedak Padi dan Variasi Suhu Pengujian Berdasarkan KAO

Nilai rekapitulasi Angka poison dari tiap-tiap variasi Dedak padi dan suhu pengujian yang digunakan dapat dilihat pada **Gambar 5**.



Gambar 5 Hubungan Angka Poison dengan kadar Dedak padi dan variasi suhu pengujian

Angka poison adalah perbandingan kontraksi lateral terhadap regangan longitudinal, rasio ini menghitung perbandingan antara penyempitan benda terhadap pertambahan panjang akibat tarikan. hubungan angka poison terhadap bahan tambah dedak padi pada persentase kadar 0,1%-0,3% angka poison mengalami peningkatan kemudian pada persentase kadar 0,4%-0,5% mengalami peningkatan. Semakin besar nilai angka poison, maka kontraksi pada sampel juga semakin besar.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian campuran aspal beton dengan Penambahan Dedak padi dapat disimpulkan sebagai berikut :

- Penambahan Dedak padi pada campuran aspal SMA dapat meningkatkan nilai kuat tarik dari Variasi 0% hingga Variasi 0,3% sebesar 12084,44 Kpa. Dan terjadi penurunan nilai kuat tarik dari Variasi 0,4%, sampai Variasi 0,5% sebesar 11938,85 Kpa, ini menunjukkan bahwa Variasi 0,3% merupakan Variasi maksimum penggunaan yang cocok digunakan pada campuran aspal. Hal ini disebabkan karena semakin banyak penambahan Dedak Padi pada campuran maka campuran akan menjadi kaku sehingga campuran akan lebih mudah retak atau hancur.
- Pengaruh suhu pengujian pada Indirect Tensile Strength yaitu semakin tinggi suhu pengujian maka semakin rendah modulus elastisnya berbeda dengan angka poison semakin tinggi suhu pengujian semakin tinggi pula angka poison.

5. DAFTAR PUSTAKA

AASHTO. 1982. Standart Spesification For Transportation Materials and Method of Sampling and Testing, Part I: Specification.

- Adriansyah. Musmain Mudatsir. 2015. Analisa Karakteristik Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Dengan Menggunakan Bahan Tambah Serat Selulosa (Asbes). Jurusan Teknik Sipil Universitas Muslim Indonesia.
- Alifuddin, A., & Arifin, W. (n.d.). Analisis Durabilitas Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) Terhadap Penggunaan Serat Selulosa (Serat Asbes). 5(2), 67–78.
- Anonymus. Tinjauan Terhadap Spesifikasi Teknik Lapis Permukaan Split Mastik Aspal (SMA) dengan Bahan Tambah Serat Selulosa. Pada Heavy Loaded Road Improvement Project dan Usulan Prosedur Pelaksanaan.
- Bina Marga. 1983. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (Laston).
- Bina Marga. 2010. Campuran Beraspal Panas.
- Khairudin, M.A. 1993. Tinjauan Umum Hasil Aplikasi SMA dengan Bahan Tambah Serat Selulosa. PusLitBang Jalan Raya, Departemen Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Lolo, Pasa dan Alusius Tandetesik. 2007. Pengaruh Penggunaan Dedak Padi Sebagai Bahan Tambah Aspal Terhadap Karakteristik Campuran Split Mastik Aspal. Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.
- Misdawati, dkk. 2021. Analisis Penurunan Umur Rencana Jalan Akibat Volume Kendaraan dan Kelebihan Muatan Pada Ruas Jalan Jend. Ahmad Yani Kota Parepare. Jurnal Flyover, Volume 1 Nomor 2 Halaman 38-47. Program Pascasarjana UMI Makassar.
- Murni, R., Suparjo, Akmal, dan B. L. Ginting. 2008. Buku Ajar Teknologi Pemanfaatan Limbah Untuk Pakan. Laboratorium Makanan Ternak. Fakultas Peternakan. Universitas Jambi. Jambi.
- Nicholls, Cliff. 1998. Asphalt Surfacing. E & FN Spon, London.
- Rasyaf, M. 2002. bahan Makanan Unggas di Indonesia. Cetakan ke-9 Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Shcalbroeck. 2001. Toxicologikal evalution of red mold rice. DFG- Senate Comision on Food Savety. Ternak monogastrik. Karya Ilmiah. Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- SKBI-2.4.26. 1987. Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (laston) Untuk Jalan Raya.
- Sukirman, Silvia. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung: Penerbit Nova.
- Sulaksono W, Sony. 2001. Rekayasa Jalan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Tahir Anas. 2011. Kinerja Campuran Split Mastic Asphalt (SMA) yang menggunakan Serat Selulosa Alami Dedak Padi. Jurnal. Palu. Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako.
- Wahyuni, A, dkk. 2022. Analisis Tingkat Kerusakan Permukaan Jalan dengan Metode International Roughness Index (IRI) dan Pavement Condition Index (PCI) Menggunakan Alat Mata Garuda. Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 4 Halaman 1-13. Program Pascasarjana UMI Makassar.
- Yudono, B. F. Oesman, dan Hermansyah. 1996. Komposisi asam lemak sekam dan dedak padi. Majalah Sriwijaya. Vol. 32. No. 2. 8-11.
- Yunus, Aries, dkk. 2022. Analisis Penentuan Penanganan Jalan Nasional Metode International Roughness Index (IRI) dan Pavement Condition Index (PCI) (Studi Kasus : Ruas Jalan Kalukku - Bts Kota Mamuju). Jurnal Konstruksi : Teknik, Infrastruktur dan Sains, Volume 1 Nomor 1 Halaman 10-21. Program Pascasarjana UMI Makassar.