



INNOVATIVE: Journal Of Social Science Research

Volume 3 Nomor 3 Tahun 2023 Page 5032-5049

E-ISSN 2807-4238 and P-ISSN 2807-4246

Website: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>

Kajian Sifat Penuaan Campuran Aspal AC-WC dengan Penggunaan Getah Pinus sebagai Bahan Tambah terhadap Modulus Elastisitas dan Angka Poisson

Sri Mulyani Muchtar¹✉, Lambang B. Said², Andi Alifuddin³

Teknik Sipil, Universitas Muslim Indonesia, Kota Makassar

Email : srimumhtar8@gmail.com¹✉

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sifat penuaan aspal terhadap karakteristik campuran aspal beton (AC-WC) dengan penambahan getah pinus dan sifat penuaan dengan penambahan getah pinus terhadap nilai modulus elastis dan angka poisson. Metode yang di gunakan dalam mengelola data yaitu metode analisis regresi dari permodelan pada grafik. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) yang ditambah getah pinus terhadap penuaan aspal dan Kadar getah pinus 3% memiliki nilai stabilitas yang tinggi sebesar akan tetapi penambahan kadar getah pinus yang berlebihan pada aspal akan menurunkan nilai stabilitas pada campuran. Sifat penuaan pada pengujian Inderect Tensile Strength dengan penambahan getah pinus yaitu apabila penambahan melebihi batas maksimum penambahan getah pinus maka semakin rendah modulus elastisnya berbeda dengan angka poison semakin bertambahnya getas pinus yang digunakan semakin tinggi pula angka poison.

Kata Kunci: *Angka Poison; Modulus Elastisitas; Getah Pinus; Asphalt Concrete Wearing Course; Penuaan.*

Abstract

The purpose of this study was to analyze the aging properties of asphalt on the characteristics of asphalt concrete mixture (AC-WC) with the addition of pine resin and the aging properties with the addition of pine resin on the value of elastic modulus and Poisson number. The method used in managing the data is the method of regression analysis of modeling on graphs. The results of the study show that the analysis of the Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) mixture added to asphalt aging and 3% pine resin content has a high stability value of but the addition of excessive levels of pine resin to asphalt will reduce the stability value of the mixture. . The nature of aging in the Inderect Tensile Strength test with the addition of pine resin, namely if the addition exceeds the maximum addition of pine resin, the lower the elastic modulus is different from the toxicity ratio, the more pine brittle used, the higher the toxicity ratio.

Keywords: Toxic Number; Modulus of Elasticity; Pine Sap; Asphalt Concrete Wear Layer; Aging.

PENDAHULUAN

Indonesia sebagai negara yang sedang berkembang dalam rangka meningkatkan penyediaan transportasi darat, dengan perkembangannya sering kali dijumpai permasalahan lalu lintas yang disebabkan oleh kerusakan jalan. Sebagian besar konstruksi jalan di Indonesia merupakan perkerasan lentur, dimana lapis permukaan jalan menggunakan bahan ikat aspal yang memiliki sifat thermoplastis yang menjadikan lapisan beraspal sensitif terhadap temperatur. Pada lapis perkerasan jalan umumnya menggunakan lapisan Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC), lapisan ini memberikan hasil kekuatan campuran yang disebabkan oleh proses penuaan pada campuran aspal, dan adanya penggunaan bahan tambah yang biasa disebut aspal modifikasi. Penuaan aspal yang cukup besar dalam waktu yang relative singkat terjadi selama proses konstruksi perkerasan yaitu mulai dari pencampuran, pengangkutan, penghamparan dan pemadatan hingga jalan dinyatakan siap melayani beban lalu lintas. Hal ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor lingkungan (udara, temperatur dan sinar matahari).

Penuaan merupakan suatu perubahan karakteristik campuran beraspal yang berupa pengerasan aspal yang diakibatkan oksidasi. Oksidasi terjadi mulai dari proses produksi aspal, proses pengangkutan/ proses konstruksi sampai pada proses pelayanan. Pada proses-proses tersebut campuran beraspal mengalami pemanasan baik oleh matahari atau karena pemanasan untuk pengenceran aspal pada proses produksi dan konstruksi. Pemanasan yang berlangsung berpengaruh pada aspal karena ada bagian aspal yang menguap dan itu dapat mengubah karakteristik aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas (Millard. 1993). Permasalahan mendasar pada konstruksi jalan adalah kerusakan

jalan sebelum umur rencana tercapai. Penyebab kerusakan jalan dapat diakibatkan oleh pengaruh cuaca, air dan temperatur. Saat musim penghujan tiba, banyak jalan yang terendam air karena banjir ataupun genangan permukaan. Hal tersebut dapat mempengaruhi kinerja dari perkerasan terutama pada aspek ketahanan dan keawetan (durability). Sebagai upaya meningkatkan kinerja dari suatu perkerasan jalan yang menggunakan aspal konvensional atau aspal minyak adalah melakukan inovasi dengan menggunakan bahan tambah pada aspal seperti getah pinus. Penggunaan penambahan getah pinus pada aspal berperan untuk memperbaiki kualitas lekat aspal. Getah pinus termasuk golongan oleoresin berwarna kuning pucat serta tidak larut dalam air. Getah pinus memiliki karakteristik hydrophobic (tidak suka air), dapat larut dalam pelarut netral atau pelarut organik non polar (etil eter, hexan dan pelarut minyak). Perkerasan dengan aspal modifikasi diharapkan dapat mengatasi permasalahan keterbatasan sumber bahan material dan menghasilkan perkerasan yang memenuhi persyaratan Dian Widiyanti dan Firna Auliya (2021) melakukan penelitian dengan penambahan getah pinus 0,5%, 1%, 1,5%, 2% dan 2,5% pengaruh getah pinus terhadap nilai stabilitas dan flow pada marshall berkontribusi positif. Berdasarkan tujuh karakteristik marshall kadar getah pinus yang baik digunakan yaitu kadar 1%. Penggunaan getah pinus pada penambahan aspal mampu menahan kuat tarik pada lapisan perkerasan jalan dengan diperoleh nilai 67584,75 Kpa pada variasi 1,5%. Berdasarkan penelitian sebelumnya tujuan dari penelitian ini untuk melanjutkan penelitian tersebut dengan menganalisis sifat penuaan campuran aspal AC-WC pada penambahan getah pinus.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Alat Penelitian

1. Bahan Penelitian

Aspal yang digunakan yaitu Aspal Minyak penetrasi 60/70 (AC 60/70) produksi Pertamina. Agregat yang digunakan yaitu Agregat kasar dan halus yang diambil dari proses pemecahan batu alam di daerah bili-bili, Kab. Gowa kemudian dilakukan pengambilan sampel di laboratorium dengan metode perempatan yang mewakili sampel lainnya. Getah pinus yang digunakan sebagai bahan tambah berasal dari hutan pinus, Desa Malino Kabupaten Gowa

2. Alat Penelitian

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

Tahapan Penelitian

1. Pengambilan bahan benda uji

Persiapan dan pemeriksaan aspal dilaksanakan di Laboratorium. Serta bahan tambah getah pinus yang berasal dari hutan pinus, Desa Malino Kabupaten Gowa.

2. Perencanaan campuran

a. Penentuan Komposisi Campuran dengan metode Trial 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.
- #### b. 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).

c. Perencanaan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Setelah perencanaan kadar aspal rencana maka dilakukan perencanaan kadar aspal optimum. Dalam perencanaan ini akan dibuat sebanyak 15 sampel yang akan dibagi menjadi 5 jenis sesuai dengan kadar aspal rencana dan tiap jenis kadar aspal dibuatkan 3 sampel. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat Marshall Test. Hasil dari perencanaan kadar aspal optimum ini akan divariasikan dengan getah pinus sebagai bahan tambah pada aspal.

d. Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO) dan Variasi Bahan Tambah

Setelah mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) maka langkah selanjutnya yaitu menentukan variasi bahan tambah getah pinus berdasarkan hasil peneliiian terdahulu.

e. 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 kedalam mold yang telah dipersiapkan. Kemudian dilakukan pemadatan dari tiap sisi briket. Dalam penelitian ini dilakukan 75 kali tumbukan (untuk lalu lintas sedang) pada tiap sisinya. Selanjutnya sampel yang telah dipadatkan tersebut dikeluarkan dari dalam mould. Untuk pengujian campuran dengan metode Marshall. Briket ditimbang di udara dalam keadaan kering, dalam keadaan kering permukaan jenuh (SSD), serta di timbang didalam air untuk mendapatkan berat briket dalam air. Selanjutnya dimasukkan kedalam bak perendaman selama 30 menit. Kemudian sampel (briket) di angkat dan di uji dengan alat marshall.

Pemeriksaan Karakteristik Bahan

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

1. Pengujian Aspal :

- a. Penetrasi Aspal keras (SNI 06-2456-1991)
- b. Titik lembek (SNI 06-2456-1991)

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

Pembuatan Benda Uji

Pembuatan benda uji di lakukan setelah bahan-bahan penyusun aspal beton telah melalui pemeriksaan dan memenuhi syarat sesuai dengan ketentuan. Rencana benda uji yang akan dibuat berdasarkan pada gradasi agregat campuran dan bahan campuran getah pinus. Kadar Aspal Optimum (KAO) dapat ditentukan dengan memvariasikan kadar aspal dari 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% sebanyak 3 (tiga) buah briket untuk masing-masing kadar aspal (15 briket untuk keseluruhan kadar aspal). Beberapa parameter campuran yang dianjurkan oleh Bina Marga untuk dipenuhi dalam penentuan KAO adalah stabilitas, kelelahan (flow), Marshall Quotient (MQ), rongga udara dalam campuran (VIM) dan rongga terisi aspal (VFB). Setelah di dapatkan KAO maka ditentukan perencanaan penebaran campuran dengan bahan tambah getah pinus dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3% dan 4%.

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.

Pengujian Variasi Bahan Tambah

Marshall Test dengan metode STOA (Short Term Oven aging) dan LTOA (Long Term Oven Aging)

Pengujian benda uji campuran beton aspal di laboratorium untuk mewakili pelapukan jangka pendek yang terjadi saat pelaksanaan dilakukan dengan cara memanaskan campuran

lepas beton aspal di dalam oven selama 4 jam pada temperature 135°C sebelum dipadatkan. Proses ini selanjutnya disebut dengan short term oven aging (STOA). Sedangkan untuk mensimulasikan pelapukan jangka panjang dilaboratorium dilakukan dengan cara memanaskan benda uji beton aspal padat pada temperature 85°C selama 2 hari mewakili pelapukan lapisan perkerasan beton aspal selama 5 tahun. Proses ini selanjutnya disebut long term oven aging (LTOA). Selanjutnya untuk mengukur akibat dari pelapukan dilakukan dengan mengukur stabilitas dan kelelahan dengan alat Marshall sesuai dengan AASHTO T 245-97. Karakteristik campuran yang lain seperti kepadatan dan rongga dalam campuran dihitung berdasarkan data-data penimbangan benda uji Marshall.

ITS (Indirect Tensile Strength)



Gambar 3.1 : Indirect Tensile Strength

Prosedur percobaan :

- Membersihkan benda uji dari kotoran-kotoran yang menempel dan memberi tanda pengenal pada masing-masing benda uji yang menyatakan jenis campuran dan kadar aspalnya.
- Mengukur diameter dan tebal benda uji dengan ketelitian 0,01 mm.
- Memanaskan benda dengan menggunakan oven dengan temperatur yang telah ditentukan melakukan pengujian.
- Membersihkan dial yang akan digunakan.
- Memasang dial pada alat penguji dengan arah horizontal sebanyak dua buah (bagian kanan dan kiri).
- Memasang benda uji pada mesin penguji, kemudian mengatur kedudukan jarum penunjuk dial pada angka nol.
- Memberi beban pada benda uji dengan kecepatan 50 mm/menit.

Metode Penentuan Sifat Penuaan Untuk LTOA (Long Term Oven Aging) dan STOA (Short Term Oven Aging)

1. Prosedur Pengujian LTOA (Long Term Oven Aging)
 - a. Siapkan satu timbangan agregat (1200 kg) dan aspal, kemudian dicampur mengikuti prosedur yang sama seperti halnya desain campuran. Selanjutnya campuran aspal lepas diaduk merata di wajan dengan kecepatan sekitar 21 - 22 kg/m².
 - b. Setelah proses pengadukan, campuran lepas dibawa ke suhu pemadatan dan dipadatkan menggunakan alat pemadatan sesuai dengan prosedur pemadatan
 - c. Dalam prosedur oven penuaan jangka panjang, campuran dipadatkan terlebih dahulu kemudian dipanaskan selama 2 hari dalam oven pada suhu 85oC.
 - d. Dalam penelitian ini, campuran yang dipadatkan akan mengalami penuaan oven jangka panjang, yang kemudian diuji dengan alat Marshall untuk di ketahui stabilitasnya.
2. Prosedur Pengujian STOA (Short Term Oven Aging)
 - a. Siapkan satu timbangan agregat (1200 kg) dan aspal, kemudian dicampur mengikuti prosedur yang sama seperti halnya desain campuran. Selanjutnya campuran aspal lepas diaduk merata di wajan dengan kecepatan sekitar 21 - 22 kg/m².
 - b. Dalam prosedur oven penuaan dini atau jangka pendek, campuran lepas akan dipanaskan selama 4 jam dalam oven pada suhu 135oC sebelum pemadatan.
 - c. Campuran lepas diaduk dan berbalik satu jam sekali untuk memastikan seluruh campuran rata terkena panas dalam oven.
 - d. Setelah proses oven penuaan jangka pendek, campuran lepas dibawa ke suhu pemadatan dan dipadatkan menggunakan alat pemadatan sesuai dengan prosedur pemadatan seperti biasanya.
 - e. Dalam penelitian ini, campuran yang dipadatkan akan mengalami penuaan oven jangka pendek, yang kemudian diuji dengan alat Marshall untuk di ketahui stabilitasnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Marshall

Pengujian Marshall ini dibuat dengan jumlah bahan uji campuran AC-WC sebanyak 15 buah, dengan menguji variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5%. Pengujian ini untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) dengan melihat hubungan antara variasi kadar aspal yang diuji terhadap nilai karakteristik dari hasil uji Marshall. Berikut karakteristik campuran AC-WC dalam spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu nilai Stabilitas, Flow, VIM (Void In Mixture), VFA (Void Filled with Asphalt), VMA (Void In Mineral Aggregates), Marshall Quotient, dan Density.

1. Hubungan Kadar Aspal Terhadap Stabilitas

Stabilitas merupakan kemampuan lapis perkerasan jalan untuk menahan beban lalu lintas yang bekerja di atasnya tanpa mengalami perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur dan bleeding. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh bentuk, kualitas, gesekan antar butiran agregat, penguncian antar agregat, daya lekat atau kohesi, proses pemadatan dan kadar aspal dalam campuran.

2. Hubungan Kadar Aspal dan Kelelahan (Flow)

Ketahanan terhadap kelelahan (fatigue resistance) adalah kemampuan aspal beton menerima lendutan berulang hingga terjadi deformasi sementara akibat beban lalu lintas, tanpa terjadinya kelelahan atau berupa alur dan retak pada jalan.

3. Hubungan Kadar Aspal dan VIM (Void In Mixture)

Void In Mixture (VIM) adalah parameter yang menunjukkan volume rongga yang berisi udara dalam campuran aspal yang terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal dan dapat dinyatakan dalam persentase (%) volume.

4. Hubungan Kadar Aspal terhadap Void in Mineral Aggregates (VMA)

Voids in Mineral Aggregates (VMA) adalah volume rongga yang terdapat diantara butir-butir agregat dari suatu campuran beraspal yang telah dipadatkan, termasuk didalamnya rongga udara dan rongga yang berisi aspal efektif, dinyatakan dalam persentase volume. Agregat bergradasi menerus memberikan rongga antar butiran yang kecil dan menghasilkan stabilitas tinggi. VMA atau biasa disebut dengan rongga antara mineral agregat yang tercipta akibat adanya proses pencampuran antara agregat halus, agregat kasar, dan filler. Atau biasa disebut dengan rongga yang tercipta karena adanya pertemuan antar agregat.

5. Hubungan Kadar Aspal terhadap Void Filled with Asphalt (VFA)

Void Filled with Asphalt (VFA) adalah Rongga terisi aspal bagian volume rongga dalam agregat yang terisi aspal yang dinyatakan dalam % terhadap rongga antar butiran agregat (VMA), nilai antara Voids in Mineral Aggregates (VMA) dengan Void Filled with Asphalt (VFA) memiliki keterkaitan yang artinya VFA adalah bagian dari VMA yang terabsorpsi oleh masing-masing agregat.

6. Hubungan Kadar Aspal terhadap Berat Volume (Density)

Density atau kepadatan adalah rasio antara berat benda uji kering dengan volume benda uji. Faktor-faktor yang mempengaruhi density adalah temperature, komposisi, kadar bahan tambah, pemadatan, dan kadar aspal. Semakin tinggi nilai stabilitasnya maka semakin tinggi pula nilai density (kepadatannya). Untuk mendapatkan kepadatan yang memenuhi standar maka density harus mencapai minimal 2.2 kg/mm^3 .

7. Hubungan Kadar Aspal terhadap Marshall Quotient

Marshall Quotient adalah nilai perbandingan yang menunjukkan nilai kekuatan campuran beraspal dalam menerima yang dinyatakan kg/mm. Besarnya nilai Marshall Quotient tergantung dari besarnya nilai stabilitas yang dipengaruhi oleh gesekan antar butiran dan saling mengunci antar butiran yang terjadi antara partikel agregat dan kohesi campuran bahan susun, serta nilai flow yang dipengaruhi oleh viskositas, kadar aspal, gradasi, dan jumlah tumbukan.

8. Penentuan Kadar Aspal Optimum

Dari hasil uji Marshall, didapatkan nilai sifa-sifat campuran yang memenuhi ketentuan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 pada setiap variasi komposisi. Kadar aspal optimum (KAO) kemudian ditentukan dengan melihat komposisi kadar aspal yang ideal pada campuran. Kadar aspal optimum (KAO) merupakan kadar aspal pada campuran yang memenuhi seluruh ketentuan sifat-sifat campuran AC-WC sesuai Spesifikasi Umum 2018. Dalam hal ini, campuran AC-WC yang telah ditinjau memiliki parameter-parameter yang didapatkan dari hasil uji Marshall, yaitu nilai Stabilitas, Flow (Kelelahan Plastis), VIM (Void In Mixture), VFA (Void Filled with Asphalt), VMA (Void In Mineral Aggregates), Marshall Quotient, dan Density (Kepadatan).

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Marshall (Spesifikasi Umum 2018)

Sifat-Sifat Campuran	Hasil Pengujian				
	4,5%	5%	5,5%	6%	6,5%
<i>Density</i> (kg/mm ³)	2,407	2,391	2,374	2,358	2,343
VIM (%)	6,677	5,579	4,518	3,787	3,395
VMA (%)	15,820	15,854	15,932	16,304	16,970
VFA(%)	57,834	64,917	71,740	76,885	80,006
Stabilitas (kg)	1026,07	1107,44	1171,27	1221,51	1156,69
<i>Flow</i> (mm)	3,80	3,47	3,23	3,10	3,40
<i>Marshall Quotient</i> (Kg/mm)	270,17	320,59	361,94	394,46	354,89

Hasil Pengujian Marshall Test Terhadap Sifat Penuaan dengan Bahan Tambah Getah Pinus

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 penambahan kadar getah pinus yang akan digunakan yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4%. Berikut merupakan hasil rekapitulasi karakteristik Marshall dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.5 Rekapitulasi Pengujian Marshall Test terhadap sifat Penuaan Jangka Pendek atau STOA (Short Term Oven Aging).

Hasil Pengujian		Sifat – Sifat Campuran						
Getah Pinus		Density	VIM%	VMA%	VFA%	Stabilitas; kg	Flow; mm	MQ; kg/mm
Variasi%	0	2,223	5,858	17,908	67,326	986,03	3,43	287,23
	1	2,234	5,398	17,507	69,202	1216,24	2,77	440,31
	2	2,245	4,940	17,107	71,225	1300,32	2,47	527,22
	3	2,255	4,497	16,721	16,721	1323,96	2,53	523,76
	4	2,262	4,203	16,464	1,464	1193,73	3,10	398,13
Spesifikasi		≥2.2 kg/mm ³	3-5%	≥ 15%	≥ 63%	800-1800 kg	2-4 mm	Min 250 kg/mm

Tabel 4.6 Rekapitulasi Pengujian Marshall Test terhadap sifat Penuaan Jangka Panjang atau LTOA (Long Term Oven Aging).

Hasil Pengujian		Sifat – Sifat Campuran						
Getah Pinus		Density	VIM%	VMA%	VFA%	Stabilitas; kg	Flow; mm	MQ; kg/mm
Variasi%	0	2,218	6,092	18,112	66,373	986,03	3,43	287,23
	1	2,227	5,687	17,759	68,028	1076,01	3,10	347,24
	2	2,236	5,338	17,454	69,478	1125,37	3,00	375,45
	3	2,245	4,930	17,099	71,172	1130,09	3,03	373,17
	4	2,255	4,528	16,748	73,007	1044,79	3,30	330,57
Spesifikasi		≥2.2 kg/mm ³	3-5%	≥ 15%	≥ 63%	800-1800 kg	2-4 mm	Min 250 kg/mm

Hasil Pengujian Indirect Tensile Strength (ITS) terhadap Sifat Penuaan dengan Bahan Tambah Getah Pinus

Memvariasikan kadar Getah Pinus dalam pengujian ini untuk melihat pengaruh perlakuan kuat tarik terhadap karakteristik campuran AC-WC berdasarkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang telah di dapatkan, hasil dari variasi kadar Getah Pinus yang digunakan untuk menentukan perilaku Getah Pinus terhadap kuat tarik pencampuran.

Variasi kadar Getah Pinus yang digunakan yaitu dengan persentase 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% dengan menggunakan kadar aspal optimum yang telah diperoleh dari pengujian marshall test KAO yang diambil yaitu yang memenuhi spesifikasi. ITS (Indirect Tensile Strength) adalah suatu metode untuk mengetahui nilai gaya tarik dari campuran aspal beton. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui indikasi akan terjadinya retak dilapangan. Pengujian hampir sama dengan pengujian Marshall, yang membedakan hanyalah pada pengujian kuat Tarik tak langsung tidak menggunakan cincin penguji namun menggunakan plat berbentuk cekung dengan lebar 12,5 mm pada bagian penekan Marshall.

Tabel 4.7 Perhitungan ITS pada KAO dengan bahan tambah Getah Pinus terhadap STOA (Short Term Oven Aging)

Sampel	Diameter	Tebal	π	Dial	ITS	ITS	ITS
					Terkalibrasi	Terkoreksi	
	M	M	KN	Kg	Kg/M2	Kpa	
0%	0.1013	0.0665	3.14	682	69543.54	6448150.64	63256.36
	0.1013	0.0665	3.14	624	6362928	5899774.19	57876.78
	0.1013	0.0665	3.14	589	60060.33	5568857.37	54630.49
	Rata-rata						5972260.73
1%	0.1013	0.0665	3.14	631	64343.07	5965957.56	58526.04
	0.1013	0.0665	3.14	642	65464.74	6069959.99	59546.31
	0.1013	0.0665	3.14	681	69441.57	6438695.87	63163.61
	Rata-rata						6158204.447
2%	0.1013	0.0665	3.14	653	66586.41	6173962.42	60566.57
	0.1013	0.0665	3.14	662	67504.14	6259055.31	61401.33
	0.1013	0.0665	3.14	665	67810.05	6287419.61	61679.59
	Rata-rata						6240145.78
3%	0.1013	0.0665	3.14	658	67096.26	6221236.25	61030.33
	0.1013	0.0665	3.14	638	65056.86	6032140.92	59175.30
	0.1013	0.0665	3.14	639	65158.83	6041595.69	59268.05
	Rata-rata						6098324.28
4%	0.1013	0.0665	3.14	644	65668.68	6088869.52	59731.81
	0.1013	0.0665	3.14	640	65260.80	6051050.45	59360.80
	0.1013	0.0665	3.14	638	65056.86	6032140.92	59175.30
	Rata-rata						6057353.63

Tabel 4.8 Perhitungan ITS pada KAO dengan bahan tambah Getah Pinus terhadap LTOA (Long Term Oven Aging)

Sampel	Diameter	Tebal	π	Dial	ITS	ITS	ITS
					Terkalibrasi	Terkoreksi	
	M	M	KN	Kg	Kg/M ²	Kpa	
0%	0.1013	0.0665	3.14	677	69033.69	6400876.81	62792.60
	0.1013	0.0665	3.14	619	63119.43	5852500.36	57413.03
	0.1013	0.0665	3.14	583	59448.51	5512128.77	54073.98
	Rata-rata						5921835.31
1%	0.1013	0.0665	3.14	625	63731.25	5909228.96	57969.54
	0.1013	0.0665	3.14	638	65056.86	6032140.92	59175.30
	0.1013	0.0665	3.14	674	68727.78	6372512.51	62514.35
	Rata-rata						6104627.46
2%	0.1013	0.0665	3.14	648	66076.56	6126688.58	60102.82
	0.1013	0.0665	3.14	659	67198.23	6230691.01	61123.08
	0.1013	0.0665	3.14	659	67198.23	6230691.01	61123.08
	Rata-rata						6196023.54
3%	0.1013	0.0665	3.14	654	66688.38	6183417.18	60659.32
	0.1013	0.0665	3.14	635	64750.95	6003776.62	58897.05
	0.1013	0.0665	3.14	637	64954.89	6022686.15	59082.55
	Rata-rata						6069959.99
4%	0.1013	0.0665	3.14	641	65362.77	6060505.22	59453.56
	0.1013	0.0665	3.14	632	64445.04	5974412.32	58618.79
	0.1013	0.0665	3.14	634	64648.98	5994321.86	58804.30
	Rata-rata						6010079.80

Pembahasan

Sifat Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik Campuran Aspal Beton (AC-WC) dengan Penambahan Getah Pinus

Berdasarkan penelitian sebelumnya penelitian sebelumnya oleh Dian Widiyanti dan Firna Auliya (2021) penggunaan getah Pengaruh getah pinus terhadap nilai stabilitas dan flow pada marshall ada berkontribusi positif. Peningkatan nilai stabilitas dan flow pada marshall substitusi getah pinus memiliki hubungan linier. Semua sifat-sifat campuran (karakteristik marshall) juga menunjukkan nilai yang masuk kedalam ambang Spesifikasi

Bina Marga (mulai substitusi 0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0% dan 2,5) dan diikuti juga dengan nilai-nilai karakteristik lainnya yang secara keseluruhan berada pada ambang spesifikasi. Dari hasil analisis penelitian di laboratory pada grafik 4.9 hubungan stabilitas terhadap sifat penuaan dengan bahan tambah getah pinus mengalami peningkatan seiring dengan penambahan maksimum kadar getah pinus hal ini menunjukkan bahwa getah pinus berpengaruh baik dalam meningkatkan kestabilan campuran. Kohesi merupakan salah satu parameter dari stabilitas beton aspal, sehingga stabilitas beton aspal akan semakin menurun seiring dengan berjalannya waktu penuaan.

Pada grafik 4.10 hubungan flow terhadap sifat penuaan dengan bahan tambah getah pinus terjadi penurunan nilai flow pada kondisi STOA maupun kondisi LTOA, karena proses penuaan STOA dilakukan pada campuran beton aspal lepas, maka kemungkinan banyaknya maltenes yang menguap lebih banyak jika dibandingkan dengan proses LTOA yang dilakukan terhadap campuran beton aspal padat. Nilai flow yang tinggi menandakan bahwa campuran tersebut bersifat plastis mudah mengalami deformasi akibat dari beban, karena rongga-rongga dalam campuran telah terisi oleh aspal. Dari semua variasi penambahan kadar getah pinus, tersebut semua variasi masuk dalam batasan nilai yang di syaratkan oleh Bina Marga. Hal ini menjelaskan bahwa penambahan getah pinus dapat membuat kandungan aspal menyelimuti agregat sehingga lebih tahan lama terhadap kelelahan yang akan terjadi pada campuran. Pada grafik 4.11 dapat dilihat hubungan VIM terhadap penuaan dengan bahan tambah getah pinus dimana nilai Voids In Mix (VIM) pada campuran terus mengalami penurunan seiring meningkatnya penambahan getah pinus baik dalam keadaan STOA maupun LTOA, hal ini menggambarkan bahwa volume rongga yang berisi udara pada campuran semakin mengalami penurunan persentase rongga akibat penambahan variasi kadar getah pinus sehingga kadar getah pinus mengisi rongga yang ada pada campuran. Semakin kecilnya presentase rongga yang ada pada campuran maka semakin baik pula kualitas campuran. Pada grafik 4.13 dapat dilihat hubungan VFA terhadap penuaan dengan bahan tambah getah pinus nilai Voids Filled with Asphalt (VFA) pada campuran terus naik seiring meningkatnya bahan Tambah Getah Pinus. Dari hasil grafik 4.13 menunjukkan nilai STOA lebih tinggi dari pada LTOA karena akibat proses penguapan pada LTOA lebih cepat terjadi sehingga maltenes yang ada dalam aspal lebih cepat berkurang. Semakin besar nilai VFA menunjukkan semakin kecilnya nilai VIM Karena rongga yang terdapat dalam campuran telah terisi oleh aspal sehingga mudah untuk menutupi atau mengisi rongga-rongga dalam campuran dan menghasilkan campuran aspal yang awet karena persentase rongga yang cukup kecil.

Pada grafik 4.12 hubungan VIM terhadap penuaan dengan bahan tambah getah pinus dimana nilai Voids In Mineral Aggregate (VMA) pada campuran terus menurun seiring meningkatnya penambahan kadar Getah Pinus. Di tunjukkan pada grafik untuk semua variasi temperatur pemadatan memasuki spesifikasi Umum Bina Marga 2018 yaitu min. 15%. Nilai VMA yang rendah bahwa campuran tersebut memiliki sisi rongga yang baik. Dari hasil analisis grafik 4.14 hubungan density terhadap penuaan dengan bahan tambah getah pinus menunjukkan bahwa nilai density pada campuran mengalami kenaikan dengan seiringnya penambahan getah pinus 0% hingga 4%. Hal ini menjelaskan bahwa meningkatnya penambahan getah pinus menyebabkan semakin tinggi nilai Density dikarenakan semakin padatnya campuran. Nilai Density menunjukkan besarnya kerapatan suatu campuran yang sudah di padatkan. Campuran dengan kepadatan yang tinggi, akan lebih mampu menahan beban yang lebih besar.

Pada grafik 4.14 hubungan MQ terhadap penuaan dengan bahan tambah getah pinus nilai MQ variasi bahan tambah Getah Pinus 0% sampai 2% mengalami peningkatan, setelah itu kembali turun pada variasi kadar getah pinus 3% hingga 4%. Hal ini disebabkan stabilitas akan menurun dengan penambahan kadar Getah Pinus yang telah melampaui nilai maksimum stabilitas, di samping itu kelelehannya akan semakin tinggi dengan meningkatnya getah pinus. Nilai stabilitas dan kelelehan mempengaruhi Marshall Quotient, makin tinggi kadar getah pinus maka makin tinggi nilai stabilitas dan nilai kelelehan yang di dapatkan, tetapi jika terlalu banyak kadar getah pinus, maka nilai stabilitas mengalami penurunan. Nilai MQ menunjukkan fleksibilitas campuran yaitu semakin besar nilai MQ pada suatu campuran maka akan semakin kaku (bila terlalu kaku cenderung mudah retak terhadap campuran tersebut, demikian juga bila semakin kecil nilai MQ maka tingkat kelenturan semakin besar (terlalu lentur cenderung kurang stabil). Sifat Penuaan Dengan Penambahan Getah Pinus Terhadap Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung

Nilai Kuat Tarik Tidak Langsung ITS (Indirect Tensile Strength) terhadap sifat penuaan dapat dilihat pada (Grafik 4.16). Dalam pengujian ini, didapatkan nilai kuat tarik tertinggi pada STOA yaitu 2% nilai kuat tariknya sebesar $\sigma = 61215.83$ kpa dan LTOA yaitu 2% nilai kuat tariknya sebesar $\sigma = 60782.99$ kpa. Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Dian Widiyanti dan Firna Auliya (2021) penggunaan getah pinus sebagai bahan tambah dapat meningkatkan nilai kuat Tarik. Didalam pengujiannya didapatkan nilai indirect tensile strength (ITS) yang paling tinggi adalah kadar getah pinus 1,5% dengan nilai kuat tarik 67584,74 Kpa dengan interval variasi getah pinus 0,5%. Berdasarkan Grafik 4.16 benda uji yang mengalami penuaan pada persentase kadar bahan tambah getah

pinus yaitu 0%, 1%, 2%, 3%, dan 4% menunjukkan nilai ITS penurunannya lebih signifikan. Kekuatan yang menurun ini akibat meningkatnya nilai kekakuan yang merupakan dampak dari proses oksidasi. Kekakuan yang meningkat membuat campuran lebih keras dan getas, sehingga mudah retak dan durabilitasnya menurun. Kesimpulannya kekuatan benda uji yang mengalami penuaan lebih mudah mengalami penurunan.

Sifat Penuaan Dengan Penambahan Getah Pinus Terhadap Nilai Regangan

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Dian Widiyanti dan Firna Auliya (2021) Pengaruh getah pinus sebagai bahan tambah terhadap regangan yaitu dapat meningkatkan nilai regangan, namun seiring bertambahnya kadar getah pinus, nilai regangan akan semakin kaku. Sedangkan berdasarkan Grafik 4.17 hubungan nilai regangan terhadap sifat penuaan dengan bahan tambah getah pinus nilai regangan semakin meningkat. Karena, seiring terjadinya penuaan, nilai regangan akan semakin meningkat. Regangan sangat berkaitan dengan tegangan dimana semakin besar tegangan maka semakin besar pula regangannya. 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.

Sifat Penuaan Dengan Penambahan Getah Pinus Terhadap Nilai Modulus Elastis

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Dian Widiyanti dan Firna Auliya (2021) penggunaan bahan tambah getah pinus sebagai bahan tambah semakin tinggi yang akan digunakan maka nilai modulus elastis menurun karena sifat dari getah pinus memiliki pengikatan yang baik, seiring bertambahnya getah pinus yang sangat berlebihan akan membuat bahan menjadi terlalu kaku sehingga akan mengalami retakan atau keruntuhan. Dapat dilihat dari Grafik 4.18 hubungan nilai modulus elastis terhadap sifat penuaan dengan bahan tambah getah pinus nilai modulus elastis semakin menurun. Semakin bertambahnya penambahan kadar getah pinus maka nilai modulus elastis akan semakin rendah. Karena apabila nilai modulus elastis tinggi, maka campuran lebih sulit mengalami perubahan bentuk. Faktor lain yang menyebabkan nilai modulus elatis pada adalah karenan sifat modulus elastis yang dapat berubah akibat perlakuan suhu. Hubungan antara modulus elastis dengan regangan yaitu berbanding terbalik, apabila semakin tinggi nilai modulus elastis maka semakin rendah nilai regangan. Karena apabila nilai modulus elastis tinggi, maka campuran lebih sulit mengalami perubahan bentuk. Hal ini juga diakibatkan karena sifat modulus elastis yang dapat berubah akibat paduan dan perlakuan panas.

Sifat Penuaan Dengan Penambahan Getah Pinus Terhadap Angka Poisson

Berdasarkan Grafik 4.19 hubungan angka poisson terhadap sifat penuaan dengan bahan tambah getah pinus dapat dilihat bahwa kadar getah pinus 0% sampai 3% angka poisson mengalami peningkatan kemudian pada persentase kadar 4% mengalami penurunan. Semakin besar nilai angka poisson, maka kontraksi pada sampel juga semakin besar. Penambahan getah pinus yang optimum akan meningkatkan nilai angka poisson yang berarti membuat campuran semakin lentur ketika beban diberikan.

SIMPULAN

Kesimpulan seharusnya hanya menjawab tujuan penelitian. Menceritakan bagaimanapenelitian Anda memajukan bidang dari keadaan pengetahuan saat ini. Tanpa Kesimpulan yangjelas, reviewer dan pembaca akan kesulitan menilai karya tersebut, dan layak atau tidaklayak dipublikasikan di jurnal. Jangan mengulangi Abstrak, atau hanya mencantumkan hasil eksperimen. Berikan justifikasi ilmiah yang jelas untuk penelitian Anda, dan tunjukkan kemungkinan aplikasi dan ekstensi. Kesimpulan ini harus diberikan sebagai paragraf. Anda jugaharus menyarankan eksperimen di masa mendatang dan/ atau menunjukkan eksperimenyangsedang berlangsung. Simpulan maksimal 100 kata.

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, Y., & Sentosa, L. (2015). Kuat Tarik Tidak Langsung Asphalt Concerete Binder Course (AC-BC) Menggunakan Pasir Alam Kampar. Riau University.
<https://media.neliti.com/media/publications/183895-ID-kuat-tarik-tidak-langsung-asphalt-concer.pdf>
- Amri, H., Karyawan, I. D. M. A., & Ahyudanari, E. (2021). Pengaruh Lama Pemeraman Terhadap Karakteristik Marshall Campuran Aspal Beton dengan Asbuton dan Bio Aditif Gondorukem. *Jurnal Aplikasi Teknik Sipil*, 19(3), 369.
<https://doi.org/10.12962/j2579-891x.v19i3.9348>
- BISKUR, N. W. G. A. R. R. (2011). Effects of Asphalt Properties on Indirect Tensile Strength. *Encyclopedia of Earth Sciences Series, Part 4*, 895.
<https://doi.org/10.1201/9781315177281-7>
- Said, L. B., & Alifuddin, A. (2020). Konsep Design Mix Formula (DMF) Lapis Tipis Beton Aspal (LTBA) Mengacu Spesifikasi Umum 2018 Bina Marga Terhadap Sifat–Sifat (ITS) dan Deformasi. *Jurnal Teknik Sipil MACCA*, 5(2), 158–169.
<https://jurnal.ft.umi.ac.id/index.php/jtسم/article/view/87/64>
- Kabo, D. R. G. (2019). Stability and Indirect Tensile Strength of Asbuton Mixture With

- Additional Gondorukem (Regina Colophonia). 10(09), 166–173.
<http://iaeme.com/Home/issue/IJCIET?Volume=10&Issue=9>
- Khanghahi, S. H., Zakavi, S. J., & Montasheri, M. (2021). Study of The Effect of Aging on Hot-Mix Asphalt Using Indirect Tensile Strength Test. June, 20–23.
https://www.acapublishing.com/dosyalar/baski/PACE_2021_273.pdf
- Mohamad Faldi Attamimi, F. A. and F. L. D. (2021). Kajian Durabilitas Dan Penuaan Asphalt Concrete- Wearing Course (Ac-Wc) Asbuton Pracampur Terhadap Variasi Lama Rendaman. 1(1), 32–40. <https://doi.org/10.22146/jcef.XXXX>
- Perceka, D. P., & Ing, T. L. (2019). Pengaruh Getah Pinus pada Stabilitas, Pelelehan, dan Durabilitas Lapos Pengikat Beton Aspal. Jurnal Teknik Sipil, 12(1), 64–83.
<https://doi.org/10.28932/jts.v12i1.1414>
- Rangan, P. R., & Tumpu, M. (2021). Marshall Characteristics of AC-WC Mixture With The Addition of Anti-Flaking Additives. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, 16(3).
http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2021/jeas_0221_8499.pdf
- Sarsam, S. I., & Alwan, A. H. (2014). Impact of Aging on Shear, Tensile Strength and Permanent Deformation of Superpave Asphalt Concrete. International Journal of Scientific Research in Knowledge, 2(10), 487–496. <https://doi.org/10.12983/ijsrk-2014-p0487-0496>
- Thanaya, I. N. A., Puranto, I. G. R., & Nugraha, I. N. S. (2016). Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Lapis Aus (AC-WC) Menggunakan Aspal Penetrasi 60/70 dengan Penambahan Lateks. Media Komunikasi Teknik Sipil, 22(2), 77.
<https://doi.org/10.14710/mkts.v22i2.12875>
- Yuniarti, R. (2015). Modifikasi Aspal Dengan Getah Pinus Dan Fly Ash Untuk Menghasilkan Bio-Aspal. Jurnal Sains Teknologi & Lingkungan, 1(2).
<https://doi.org/10.29303/jstl.v1i2.8>