

MODIFIKASI ASPAL DENGAN POLIMER KARET ALAM SIKLIK SECARA IN-SITU

Elfrida Romaito Pasaribu ^{*1)}, Eddiyanto ²⁾, Hammid Al Farras ³⁾

^{1,2,3)}Prodi Kimia, FMIPA, Universitas Negeri Medan, Sumatera Utara, Indonesia

^{*}Penulis korespondensi

e-mail: elfridapasaribu30@gmail.com ^{*1)}, eddiyanto@unimed.ac.id ²⁾

Article history:

Submitted: Sep. 30th, 2024; Revised: Oct. 28th, 2024; Accepted: Nov. 29th, 2024; Published: July 18th, 2025

ABSTRAK

Aspal termodifikasi merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas aspal. Modifikasi dilakukan dengan cara mencampurkan aspal dengan material lain yang dapat memperbaiki kelemahan aspal. Material baru yang memungkinkan dicoba untuk dijadikan campuran dalam pembuatan aspal adalah karet alam siklik (*Cyclic Natural Rubber*). Penelitian mengenai modifikasi aspal polimer yang memanfaatkan karet alam siklik dengan adanya maleat anhidrida dan dikumul peroksida melalui proses blending. Modifikasi telah dilakukan melalui proses blending antara aspal penetrasi 60/70 dengan karet alam siklik menggunakan pelarut kloroform yang dilanjutkan dengan penambahan maleat anhidrat sebagai agen pengikat dan dikumul peroksida sebagai inisiator. Keberhasilan blending aspal dengan karet alam siklik dapat dilihat dari analisis FTIR yang menunjukkan puncak-puncak khas gelombang serapan pada 1737 cm⁻¹ sebagai puncak karbonil (C=O), 1655 cm⁻¹ sebagai puncak vinil (C=C), 1023 cm⁻¹ sebagai puncak karboksilat. Penambahan polimer reaktif secara in-situ ke dalam aspal memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan sifat kimia dan fisiknya. Secara kimia, interaksi antara polimer reaktif dengan komponen-komponen aspal menyebabkan terjadinya ikatan kimia baru, yang meningkatkan stabilitas termal dan ketahanan oksidasi aspal. Polimer reaktif berfungsi sebagai modifikator yang mampu memperbaiki struktur molekul aspal

Kata Kunci: Aspal; karet alam siklik; blending; maleat anhidrat; dikumul peroksida

PENDAHULUAN

Istilah aspal berasal dari bahasa Yunani Kuno asphaltos, kemudian bangsa Romawi mengubahnya menjadi asphaltus, lalu diadaptasi ke dalam bahasa inggris menjadi asphalt, dan kita menerjemahkan ke dalam bahasa Indonesia menjadi aspal (Mesias., 2022).

Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum dikarakterisasi dengan baik (Bitu, 2019). Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon jenuh, dan tak jenuh, alifatik, dan aromatik yang mempunyai atom karbon sampai 150 per molekul. Atom-atom selain hidrogen, dan karbon yang juga menyusun aspal adalah nitrogen, oksigen, belerang, dan beberapa atom lain (Utami *et al.*, 2020). Komposisi unsur dalam aspal adalah

karbon 80-87%, sulfur 0,5-7%, oksigen 2-8%, hidrogen 9-11%, nitrogen 0-1%, serta unsur lainnya 0-0,5%. Kandungan unsur kimia tersebut sangat dipengaruhi oleh jenis aspal dan proses pembuatannya (Melati., 2024).

Pada umumnya, jalan raya di kota-kota besar di Indonesia menggunakan aspal yang dicampur dengan agregat. Ketahanan aspal sangat dipengaruhi oleh adanya air, karena air bisa melonggarkan ikatan antara agregat dengan aspal. (Putri *et al.*, 2023). Pertumbuhan transportasi darat yang tidak diiringi dengan pertumbuhan lebar dan panjang jalan dapat menyebabkan kemacetan lalu lintas (Bahrudin *et al.*, 2019). Beban lalu lintas yang tinggi menjadi masalah terhadap perkerasan jalan

yang berakibat pada tingginya temperatur menyebabkan terjadinya proses penuaan dan sebagian struktur jalan relatif kurang memadai (Alirusi *et al.*, 2023).

Penuaan aspal merupakan perubahan tingkat kekerasan (hardening) dan kerapuhan aspal (brittleness) akibat penanganan, proses produksi campuran beraspal dan massa pelayanan campuran beraspal tersebut di lapangan. Penuaan ini menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan campuran beraspal. Kesemuanya ini berkaitan erat dengan kecepatan terjadinya retak ataupun pelepasan butir pada perkerasan beraspal (Widodo, *et al.* 2012).

Modifikasi aspal bisa dicoba dengan menaikkan zat aditif/polimer (Poerwodihardjo & Setiabudi, 2022). Modifikasi dilakukan dengan cara mencampurkan aspal dengan material lain yang dapat memperbaiki kelemahan aspal. Material baru yang memungkinkan dicoba untuk dijadikan campuran dalam pembuatan aspal adalah karet alam siklik (Cycllic Natural Rubber) (Ritonga *et al.*, 2016).

KAS merupakan hasil modifikasi karet alam yang menjadi salah satu produk unggulan industri hilir karet dan memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan (Bayu *et al.*, 2019) karena memiliki sifat fisik yang khas, yaitu; ringan, kaku dan tahan terhadap abrasi (daya gesek) serta

mempunyai daya rekat yang baik terhadap logam, kayu, karet, kulit, tekstil dan kertas (Widiarti *et al.*, 2018).

Untuk meningkatkan kompatibilitas dan kereaktifan dalam proses pencampuran, modifikasi kimia yang paling umum dilakukan yaitu maleanisasi. Maleanisasi karet alam dapat melalui proses grafting molekul Anhidrida Maleat (AM) kedalam struktur karet alam dan telah banyak dilakukan untuk menghasilkan produk sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Pencangkokan AM dilakukan untuk meningkatkan hidrofilisitas karet alam yang selanjutnya dapat digunakan sebagai senyawa penghubung (coupling agent) yang dapat meningkatkan sifat antarmuka dan adhesi antara dua fase campuran yang berbeda (Soleimani *et al.*, 2020).

Penelitian yang dilakukan oleh Ritonga, Wiryosentono, dan Nasruddin (2013) membahas kemungkinan menggunakan karet alam siklik sebagai bahan untuk memodifikasi aspal. Hasilnya menunjukkan bahwa campuran aspal dan karet alam siklik memenuhi persyaratan fisik aspal yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh karet alam siklik terhadap aspal. Diharapkan dengan menambahkan karet alam siklik akan dapat memperbaiki campuran aspal sehingga kualitas jalan raya bisa lebih baik lagi

METODE

Bahan Kimia, Peralatan, dan Instrumen

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksternal mixer, panci aluminium, hotplate, magnetik stirer, neraca digital, oven, Termometer, kaca arloji, spatula,

gelas ukur, piringan stainless, Fourier Transform Infra Red (FTIR). Bahan yang digunakan adalah aspal pen. 60/70, karet alam siklik (KAS), kloroform, maleat anhidrat, dikumil peroksida.

Prosedur Penelitian

Penuaan Aspal dengan Menggunakan Oven

Sampel aspal di cairkan, dan dipindahkan kedalam piringan stainless dengan berat yang sama yaitu 2 gram, dan di oven dengan variasi waktu 1 hari, 3 hari, 5 hari dengan suhu 150°C. selanjutnya sampel dianalisis dengan spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR).

Blending Aspal dengan CNR

Ditimbang 5 gram karet alam sklik, kemudian dihaluskan untuk mempermudah pencampuran menggunakan eksternal mixer. Aspal sebanyak 100 gram dipanaskan dengan suhu 135°C hingga

meleleh, kemudian ditambahkan KAS. Setelah ditambahkan monomer reaktif maleat anhidrat 0,5 gram, dikumul peroksida (DCP) sebanyak 0,135 gram dan kloroform sebanyak 100 mL. Setelah itu dipanaskan selama 60 menit. Kemudian dianalisa menggunakan spektroskopi Fourier Transform Infra Red (FTIR).



Blending aspal dengan CNR-g-MA

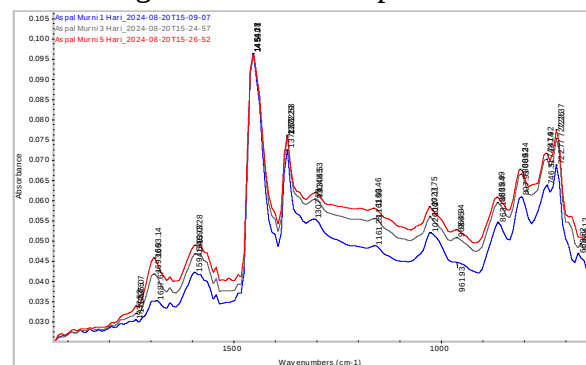
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hubungan antara spektrum dan sifat aspal dapat dilakukan untuk memprediksi kinerja aspal. Aplikasi lain seperti pengembangan material anti-penuaan juga dapat dilakukan dengan FTIR (Hou et al., 2018). FTIR dapat digunakan untuk menganalisis secara kuantitatif perubahan gugus fungsi tertentu guna mengidentifikasi tingkat penuaan aspal (Hou et al., 2016). FTIR menegaskan bahwa peningkatan oksigen terutama disebabkan oleh gugus karbonil dan sulfoksida (Michalica et al. 2008). Tingkat penuaan sampel pengikat aspal tertentu diikuti dengan menggunakan teknik rasio luas untuk memantau fungsi oksigen, indeks karbonil, dan indeks sulfoksida (Marsac dkk., 2014). Salah satu metode paling umum digunakan untuk penuaan dipercepat adalah menggunakan oven (Chen et al., 2012). Degradasi termal dapat mengakibatkan kerusakan molekuler pada

polimer tergantung pada komposisi fisik dan kimianya (Anju et al., 2020).

Penuaan Aspal Murni

Telah dilakukan analisa hasil penuaan aspal dengan variasi waktu 1 hari, 3 hari, 5 hari, menggunakan spektroskopi infra merah (IR) yang bertujuan untuk melihat gugus fungsi yang terdapat pada sampel hasil uji dengan melihat puncak-puncak yang terbentuk pada spektrogram FTIR. Berikut gambar hasil yang di dapat dalam analisa FTIR dengan Variasi waktu penuaan.



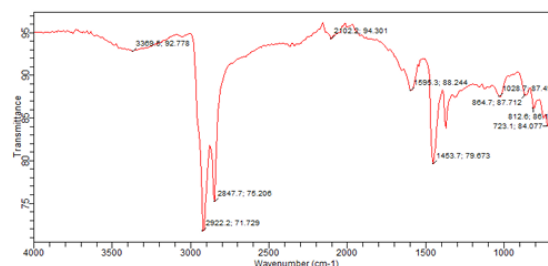
Gambar 1. Hasil FTIR Penuaan Aspal

Dapat kita lihat pada gambar, beberapa puncak yang signifikan muncul dalam spektrum infra merah, termasuk puncak karbonil, vinil, dan sulfoksida, yang mencerminkan perubahan kimiawi pada struktur aspal, terutama saat mengalami oksidasi atau penuaan.

Hasil analisa inframerah dari sampel aspal menunjukkan puncak karbonil ($C=O$) pada panjang gelombang 1693 cm^{-1} . Gugus karbonil ini terbentuk sebagai hasil dari reaksi oksidasi pada aspal, dimana komponen hidrokarbonnya teroksidasi membentuk senyawa keton, aldehida, atau karboksilat. Intensitas puncak karbonil digunakan sebagai indikator penuaan pada aspal, karena proses penuaan yang disebabkan oleh paparan udara dan suhu tinggi. Puncak vinyl ($C=C$) muncul pada puncak 1593 cm^{-1} . Puncak ini muncul karena getaran ulur ikatan rangkat $C=C$ pada struktur alifatik atau aromatik. Puncak sulfoksida ($S=O$) muncul pada puncak 1027 cm^{-1} dan dihasilkan dari oksidasi gugus sulfur dalam aspal. Puncak ini menjadi signifikan karena komponen sulfur dalam aspal dapat bereaksi dengan oksigen membentuk sulfoksida selama proses oksidasi atau penuaan.

Blending Aspal dengan CNR

Spektrum FTIR dari campuran aspal dan karet alam siklik akan menunjukkan perubahan signifikan dibandingkan dengan spektrum aspal murni. Blending aspal dengan karet alam siklik (CNR) menggunakan dikumul peroksida dan maleat anhidrat merupakan salah satu metode modifikasi aspal untuk meningkatkan kinerja material dalam aplikasi jalan raya.



Gambar 2. Hasil FTIR Blending Aspal dengan CNR .

Puncak karbonil ($C=O$) muncul pada puncak 1737 cm^{-1} dan merupakan gugus karbonil seperti keton, aldehida, atau asam karboksilat. Pada pencampuran aspal dengan karet alam siklik, puncak ini muncul sebagai akibat dari oksidasi senyawa hidrokarbon dalam aspal. Puncak vinil, yang berkaitan dengan ikatan rangkap ($C=C$), terlihat pada 1595 cm^{-1} . Puncak ini sering kali menjadi indikator stabilitas kimia. Jika intensitas puncak ini berkurang setelah pencampuran, hal ini bisa menandakan degradasi atau polimerisasi, dimana ikatan rangkap $C=C$ terlibat dalam reaksi kimia, seperti oksidasi atau retak termal. Puncak sulfoksidasi ($S=O$) muncul pada peak 1028 cm^{-1} , mengidentifikasi oksidasi gugus sulfur dalam campuran. Peningkatan intensitas puncak sulfoksidasi setelah pencampuran menunjukkan bahwa oksidasi gugus sulfur terjadi akibat paparan udara atau suhu tinggi selama proses reaksi.

KESIMPULAN

Penambahan polimer reaktif secara in-situ ke dalam aspal memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan sifat kimia dan fisiknya. Secara kimia, interaksi antara polimer reaktif dengan komponen-komponen aspal menyebabkan terjadinya ikatan kimia baru, yang meningkatkan stabilitas termal dan ketahanan oksidasi aspal. Secara fisik penambahan polimer reaktif meningkatkan elastisitas, kekentalan, dan fleksibilitas aspal, untuk

meningkatkan ketahanan terhadap deformasi permanen seperti rutting dan cracking.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada pihak Laboratorium Kimia Universitas Negeri Medan yang telah membantu dalam proses penelitian tersebut. Serta rekan-rekan yang senantiasa membantu proses penelitian di lab.

REFERENSI

- Alirusi, R., St Maryam, H., & Massara, A. (2023). Studi Experimental Campuran Stone Matrix Asphalt (SMA) Dengan Penambahan Zat Aditif Polyurethane Terhadap Ketahanan Deformasi Dan Modulus Elastis. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 3(3), 5001-5015.
- Anju, S., Prajitha, N., Sukanya, V. S., & Mohanan, P. V. (2020). Complicity of degradable polymers in health-care applications. *Materials Today Chemistry*, 16, 100236.
- Bahrudin, Wiranata, A., Malik, A., Kumar, R., & Permata, D. S. (2019). Pembuatan Aspal Modifikasi Polimer Berbasis Karet Alam Tanpa dan Dengan Mastikasi. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Litbangyasa Industri II*, 2(2), 260–269.
- Bayu, A., Nandiyanto, D., Oktiani, R., Ragadhita, R. (2019). Indonesian Journal of Science & Technology How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian Journal of Science & Technology*, 4(1), 97–118.
- Bitu, L. G. (2019). Studi Karakteristik Marshall Terhadap Campuran Aspal Panas Lawele Granular Asphalt (LGA) Menggunakan Bahan Tambah Sabut Kelapa. *Jurnal MEDIA INOVASI Teknik Sipil Unidayan*, 8(1).
- Chen, D., Lawton, D., Thompson, M. R., & Liu, Q. (2012). Biocomposites reinforced with cellulose nanocrystals derived from potato peel waste. *Carbohydrate polymers*, 90(1), 709-716.
- Hou, H.Y, Liao, T.S., Duh, Y.S. and Shu, C.M., 2006, Thermal hazard studies for dicumyl peroxide by DSC And TAM. *J Therm Anal Calorim*, 83(1): 167–171.
- Hou, X., Lv, S., Chen, Z., & Xiao, F. (2018). Applications of Fourier transform infrared spectroscopy technologies on asphalt materials. *Measurement*, 121, 304–316.
- Marsac, P., dkk. (2014). Potensi dan Batasan Metode FTIR untuk Karakterisasi Aspal Reklamasi”. *Bahan dan Struktur (Dordrecht, Belanda)*, 47(8), 1273- 1286.
- Michalica, P., P. Daucik, dan L.Zanzolto., (2008). Pemantauan Perubahan Komposisi yang Terjadi Selama Penuaan Oksidatif Dua Aspal Pilihan dari Sumber Berbeda. *Petroleum Coal*, 50(2), 1-10.
- MELATI, N. (2024). *ANALISIS MUTU KUALITAS ASPAL PANAS AC-BC TERHADAP SIFAT FISIKA MATERIAL DI PT BRU KABUPATEN LAHAT* (Doctoral dissertation, UIN RADEN INTAN LAMPUNG).
- Mesias, M. (2022). Analisa Pengaruh Penggunaan Filler pada Perkerasan Jalan (Ac-Wc) terhadap Nilai Marshall.

- Putri, Y., Tamrin, T., & Nasution, D. Y. (2023). Asphalt Modification with LDPE Plastic Waste Treated with Glacidyl Methacrylate and Benzoyl Peroxide Initiator. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 10338-10342.
- Poerwodihardjo, F. E., & Setiabudi, F. (2022). 442-588-1-Sm. *Teodolita: Media Komunkasi Ilmiah Di Bidang Teknik*, 23(1), 90–101.
- Ritonga, W., Rangkuti, M. A., & Ritonga, N. Y. (2016). PENGARUH KARET ALAM SIKLIK DAN ABU CANGKANG KELAPA SAWIT TERHADAP NILAI DENSITAS ASPAL MODIFIKASI.
- Ritonga, W., Wirjoesentono, B., & Nasruddin, M. N. STUDY PERSYARATAN FISIK ASPAL MODIFIKASI DENGAN PEMANFAATAN KARET ALAM SIKLIK (CYCLIC NATURAL RUBBER).
- Ritonga, W., & Irfandi, I. (2016). Pengaruh Karet Alam Siklik (Cyclic Natural Rubber) Terhadap Rongga Aspal Modifikasi. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 12(2), 169-176.
- Soleimani, S. M., Faheiman, A., & Mowaze, Z. (2020). The Effects of Using Crumb Rubber Modified Binder in an Asphalt Pavement. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 13(2), 237–253.
- Utami, A., Sastra, M., & Zulkarnain, Z. (2020). Abu Kulit Pinang Sebagai Pengganti Filler Pada Campuran AC-BC. *Jurnal TeKLA*, 2(1), 1-7.
- Widiarti, L., Wirjoesentono, B., & Eddyanto2. (2018). Analysis of Thermal Properties and Solubility Test of Cyclic. 14, 139–143.
- Widodo, S., et all. 2012, Pengaruh Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik Asphalt Concrete Wearing Course, UMS.