

STUDI SIFAT VISKOELASTIS ASPAL DENGAN PENAMBAHAN LIMBAH MASKER

STUDY OF VISCOELASTIC PROPERTIES OF ASPHALT WITH THE ADDITION OF MASK WASTE

I Gusti Agung Ananda Putra¹, Bagus Alit Triguna Sulaksana², Romario Firdaus Hiskia Sahara³

^{1,2,3}Universitas Pendidikan Nasional, Jalan Bedugul No. 39, 80225, Indonesia

Email: anandaputra@undiknas.ac.id

Received: 13 Juni 2025 Revised: 23 Juli 2025 Accepted: 12 Agustus 2025 Published: 13 Agustus 2025

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki bagaimana penambahan limbah masker sebagai bahan aditif meningkatkan sifat mekanistik aspal. Mekanistik reologi aspal dinilai memakai alat Dynamic Shear Rheometer (DSR) digunakan. Kadar 0%, 1%, 2%, dan 3% dari berat aspal digunakan untuk serat limbah masker medis. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspal dengan 3% limbah masker memiliki nilai E^ tertinggi, yang menunjukkan resistensi deformasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel aspal lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat limbah masker 3% dapat meningkatkan nilai Modulus Kekakuan Aspal (E^*) dan dibandingkan dengan sampel aspal lainnya, menunjukkan perilaku yang lebih elastis dan kaku. Deformasi (Rutting) aspal dengan tingkat penetrasi 60/70 pada suhu 66,5°C lebih kecil dibandingkan dengan aspal dengan 1% limbah masker (69,0°C), aspal dengan 2% limbah masker (72,0°C), dan aspal dengan 3% limbah masker (75,1°C). Berdasarkan data, nilai E^* dipengaruhi oleh perubahan suhu yang mengubah karakteristik viskoelastisnya.*

Kata kunci: Modulus Kekakuan Aspal, Limbah Masker, Viskoelastis

ABSTRACT

The objective of this study is to determine the improvement in the mechanistic properties of asphalt through the addition of mask waste as an additive. A Dynamic Shear Rheometer (DSR) was used to assess the mechanistic rheological behavior of the asphalt. In this research, medical mask waste fibers were added in proportions of 0%, 1%, 2%, and 3% by weight of the asphalt. The results revealed that asphalt containing 3% mask waste exhibited the highest Stiffness Modulus (E^), indicating greater resistance to deformation compared to the other asphalt samples. This suggests that incorporating 3% mask waste fibers can enhance the Asphalt Stiffness Modulus (E^*) and result in more rigid and elastic behavior. Furthermore, rutting in 60/70 penetration-grade asphalt was found to occur at a lower temperature (66.5°C) than in asphalt modified with 1% (69.0°C), 2% (72.0°C), and 3% (75.1°C) mask waste. These findings indicate that E^* values are influenced by temperature variations, which affect the viscoelastic characteristics of the asphalt.*

Keywords: Asphalt Stiffness Modulus, Mask Waste, Viscoelastic

PENDAHULUAN

Sejak kemunculannya pada akhir tahun 2019, pandemi virus *corona* dengan cepat melumpuhkan berbagai aspek kehidupan global, termasuk sektor ekonomi, sistem kesehatan, dan mata pencaharian masyarakat di seluruh dunia (Boroujeni dkk., 2021). Selama periode puncaknya antara tahun 2019 hingga 2021, pandemi COVID-19 mendorong penggunaan massal masker dan perlengkapan APD lainnya sebagai langkah utama dalam menekan penyebaran virus berbahaya tersebut (Selvaranjan dkk., 2021). Penggunaan besar-besaran ini menyebabkan lonjakan signifikan dalam jumlah limbah masker, yang berpotensi mencemari tanah, air, dan lingkungan secara keseluruhan, serta memberikan dampak negatif terhadap ekosistem dan organisme hidup (Mohammadhosseini dkk., 2021). Oleh karena itu, salah satu solusi yang dianggap efektif untuk mengurangi limbah masker medis adalah melalui proses daur ulang. Mengolah kembali limbah masker dan mengintegrasikannya ke dalam material konstruksi dapat menjadi alternatif yang layak dalam mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan akibat limbah medis tersebut. Ini membuka peluang untuk kemajuan dalam perkerasan aspal yang berkelanjutan. Karena limbah ini dapat membawa patogen infeksius, pihak pengelola harus melakukan proses daur ulang yang mencakup tahapan desinfeksi secara efektif. Untuk mengurangi risiko penularan lebih lanjut, mereka dapat menyimpan limbah selama sembilan hari dan mengaplikasikan disinfektan guna menonaktifkan virus (Ilyas dkk., 2020). Masker wajah umumnya terbuat dari bahan serat *polypropylene* (PP) yang dapat digunakan sebagai bahan penguat pada beton (Wang dkk., 2021). Menurut Putra, dkk. (2024b), kandungan yang paling besar pada masker medis adalah silika.

Kandungan terbesar dari masker terdiri dari polipropilena (Chalermssinsuwan dkk., 2022). Sehingga, polipropilena mempunyai

karakteristik yang serupa dengan aspal, material utama yang digunakan untuk material jalan. Karena berasal dari alam dan terbentuk selama jutaan tahun, aspal adalah sumber daya tak terbarukan. Polipropilena, bahan plastik, sering dipakai untuk memperbaiki sifat mekanistik aspal. Semua peneliti setuju bahwa menambahkan polipropilena ke aspal dapat mengurangi penetrasi, memperkuat ketahanan terhadap deformasi, dan meningkatkan titik lelehnya. Dengan menggunakan *Dynamic Shear Rheometer* (DSR), aspal yang dimodifikasi dengan polipropilena dapat diuji sifat reologinya, termasuk modulus kekakuan aspal (E^*) pada suhu menengah hingga tinggi. Uji DSR dilakukan pada aspal baru yang belum tua untuk mengukur elastisitas dan viskositasnya. Menurut penelitian sebelumnya, kekakuan dan elastisitas mampu ditingkatkan dengan penambahan polipropilena sebagai bahan pengikat aspal (Zhao dkk., 2022). Oleh karena itu, penambahan limbah masker harus dilakukan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi sifat *visco-elastic* aspal. Ini dilakukan dengan memakai alat *Dynamic Shear Rheometer* (DSR). Penelitian ini bertujuan untuk menyelidiki sifat mekanistik yang lebih baik dari aspal agar dapat digunakan sebagai bahan aditif untuk aspal dari limbah masker. Terakhir, hal ini dapat membantu meminimalisir limbah dari masker yang dibuat semasa pandemi COVID-19.

TINJAUAN PUSTAKA

1. Sifat Reologi Aspal

Aspal mempunyai dua sifat reologi utama yaitu termoplastik dan viskoelastik. Termoplastik adalah karakteristik kepekaan aspal terhadap suhu, di mana kekentalan aspal menurun ketika suhu meningkat dan meningkat ketika suhu menurun. Viskoelastik berarti bahwa struktur aspal mengalami distorsi ketika gaya diterapkan, mirip dengan bagaimana cairan mengalir.

2. Modulus Kekakuan (E*) Aspal

Karakteristik aspal harus digambarkan dengan ketahanan terhadap deformasi (Modulus Kekakuan Aspal E*), pada setiap kombinasi waktu dan suhu. Modulus kekakuan aspal atau E*, adalah parameter mekanistik yang dirasa sangat tepat untuk menjelaskan sifat aspal sebagai bahan yang viskoelastik. Peneliti menggunakan *Dynamic Shear Rheometer* (DSR) untuk menguji parameter ini. Menurut Read dan Whiteoak (2003), persamaan berikut menunjukkan hubungan antara modulus kekakuan aspal (E*) dan modulus kompleks geser (G*):

$$E^* = 2(1 + \mu) G^* \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan:

G* = Modulus Kompleks Geser (Pa)

E* = Modulus Kekakuan Aspal (Pa)

μ = *Poisson's Rasio*

Modulus Kekakuan Aspal (E*) diukur oleh DSR. Modulus Kekakuan Aspal (E*) dapat dianggap sebagai ketahanan aspal terhadap deformasi akibat geser berulang. Modulus Kekakuan Aspal (E*) digunakan sebagai prediktor *rutting* pada campuran aspal panas. Aspal harus kaku dan elastis untuk melindunginya dari *rutting*.

3. Pemanfaatan Limbah Masker Medis dalam Modifikasi Aspal

Pandemi COVID-19 telah menyebabkan peningkatan signifikan dalam penggunaan masker medis sekali pakai dan limbah masker ini memunculkan tantangan lingkungan, namun juga potensi pemanfaatan dalam rekayasa material, khususnya sebagai modifikasi campuran aspal. Berbagai studi terkini menunjukkan bahwa masker medis dapat berperan sebagai aditif polimer untuk meningkatkan sifat mekanik dan viskoelastis aspal.

Putra (2024) melakukan studi literatur yang mendalam mengenai karakteristik aspal penetrasi 60/70 dengan penambahan serat limbah masker medis. Hasil telaah menunjukkan bahwa penambahan limbah

masker medis berdampak positif terhadap performa aspal, terutama dalam meningkatkan modulus kekakuan, ketahanan deformasi permanen, serta mengurangi sensitivitas terhadap suhu tinggi. Penambahan serat dari masker juga dinilai mampu meningkatkan nilai viskositas dan memperpanjang umur kelelahan aspal akibat lalu lintas berat dan perubahan suhu ekstrem. Hal ini sejalan dengan temuan Putra, dkk. (2024a) yang melakukan pengujian laboratorium terhadap campuran aspal porous dengan variasi serat masker 0–3%. Mereka menemukan bahwa penambahan 1% serat masker memberikan hasil paling optimal, ditunjukkan melalui peningkatan nilai *stiffness modulus*, ketahanan terhadap *fatigue*, serta deformasi (*creep*) tanpa mengorbankan fleksibilitas campuran.

Selanjutnya, Riyanto, dkk. (2024) mengkaji pengaruh penambahan cacahan limbah masker medis terhadap kinerja campuran aspal dengan pendekatan pengujian Marshall. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan masker sebanyak 5% berat total campuran memberikan peningkatan stabilitas hingga 70% dibandingkan campuran kontrol. Namun, jika kadar melebihi 10%, campuran tidak memenuhi standar nilai rongga (VIM) dan *flow* yang disyaratkan dalam spesifikasi Bina Marga 2018. Hal ini menandakan bahwa dosis optimum harus diperhitungkan dengan hati-hati untuk menjaga keseimbangan antara kekuatan dan fleksibilitas campuran.

Sementara itu, Dewi, dkk. (2023) mengevaluasi masker medis sebagai bahan substitusi sebagian dari aspal dalam campuran AC-WC. Penelitian eksperimental dengan variasi penambahan masker 0,5% hingga 2% menunjukkan bahwa penambahan 1,5% menghasilkan nilai stabilitas tertinggi (~1020 kg) dan *flow* yang masih berada dalam batas standar (±4 mm). Hal ini membuktikan bahwa limbah masker medis tidak hanya layak digunakan, tetapi

Studi Sifat Viskoelastis (Putra/ hal. 14-20)

juga dapat memberikan kinerja struktural yang memadai dalam campuran aspal jika digunakan dalam kadar optimum.

METODE

Langkah pertama adalah mengumpulkan limbah masker bekas dari rumah. Setelah itu, masker dibersihkan selama satu jam menggunakan oven pada suhu 70 derajat *celcius*. Sebelum digunakan, pengait telinga dan strip logam hidung dilepas dari masker. Setelah itu, masker digunting sesuai ukurannya, kemudian dihancurkan menjadi potongan-potongan kecil dengan mesin pemotong. Material aspal penetrasi 60/70 akan dicampur dengan serpihan masker ini. Dalam penelitian ini, kadar serat yang digunakan yaitu 0%, 1%, 2%, dan 3% dari berat aspal. Proses pencampuran serat masker dan aspal dilakukan seperti berikut:

1. Panaskan aspal hingga meleleh selama 30 menit pada temperatur 150°C.
2. Masukkan serpihan masker secara bertahap ke dalam aspal yang sudah meleleh.
3. Gunakan mixer untuk mencampur aspal dan serpihan masker secara merata selama 40 menit dengan suhu 170°C.
4. Biarkan campuran tersebut mendingin pada temperatur ruang.

Dynamic Shear Rheometer (DSR) digunakan untuk menguji sifat reologi mekanistik pada aspal. ASHTO T 315 (2012) adalah standar uji DSR yang digunakan. Pengujian DSR dilakukan dengan meletakkan spesimen aspal tipis terletak di tengah dua piringan bulat. Sampel digerakkan bolak-balik oleh piringan atas dengan laju 10 rad/detik (1,59 Hz), sedangkan piringan bawah dibiarkan tetap diam. Gaya geser dengan laju sekitar 55 mph (90 km/jam) direpresentasikan oleh gerakan tersebut. Sebagian besar proses pengujian dikendalikan oleh perangkat lunak.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Resistensi aspal terhadap tegangan geser berulang pada masa awal penggunaan jalan dapat dianalisis berdasarkan nilai Modulus Kekakuan Aspal (E^*) dalam kondisi awal. Dalam kondisi ini, aspal diharapkan menunjukkan sifat elastis dan kaku, yang berarti tidak boleh ada deformasi berlebihan, dan setelah beban dilepaskan, aspal dapat kembali ke kondisi awalnya. Dalam penelitian ini, variasi 1%, 2%, dan 3% serat limbah masker medis ditambahkan ke aspal dengan tingkat penetrasi 60/70, yang dikondisikan sebagai *Original Binder* (aspal murni). Nilai E^* pada rentang suhu 58°C-82°C dengan variasi peningkatan suhu sebesar 6°C dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Modulus Kekakuan Aspal (E^*)

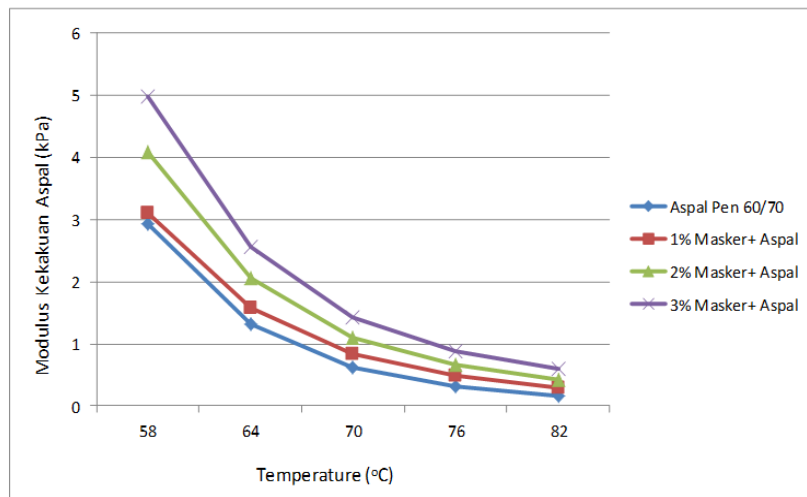
Temperatur (°C)	Modulus Kekakuan Aspal $G^*/\sin \delta$ (kPa)			
	Aspal pen. 60/70	Aspal +1% masker	Aspal +2% masker	Aspal +3% masker
58	2,93	3,11	4,08	4,98
64	1,31	1,57	2,05	2,55
70	0,615	0,844	1,11	1,43
76	0,313	0,492	0,654	0,886
82	0,169	0,301	0,419	0,596
Temperatur gagal (°C)	66,5	69,0	72,0	75,1

Di antara sampel aspal, perbedaan nilai E^* dapat diamati pada suhu dan waktu pembebanan yang sama. Aspal dengan 3%

limbah masker memiliki nilai E^* tertinggi, yang menunjukkan resistensi deformasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan

sampel aspal lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat limbah masker 3% dapat meningkatkan nilai Modulus Kekakuan Aspal (E^*) dan dibandingkan dengan sampel aspal lainnya, menunjukkan perilaku yang lebih elastis dan kaku. Terjadi peningkatan E^* dengan penambahan serat masker 1% berkisar antara 6% hingga 78%, penambahan serat masker 2% berkisar antara 39% hingga 148%, dan penambahan serat masker 3% berkisar antara 70% hingga 253%. Dalam hal *rutting* (deformasi), AASHTO T 315 menetapkan terjadinya *rutting* (deformasi) dalam kondisi awal

berdasarkan E^* pada bagian elastis ($G^*/\sin \delta$) = 1 kPa. Dalam konteks ini, deformasi (*rutting*) aspal dengan tingkat penetrasi 60/70 pada suhu 66,5°C lebih kecil dibandingkan dengan aspal dengan 1% limbah masker (69,0°C), aspal dengan 2% limbah masker (72,0°C), dan aspal dengan 3% limbah masker (75,1°C). Berdasarkan data yang sudah dijelaskan, nilai E^* dipengaruhi oleh perubahan suhu yang mengubah karakteristik viskoelastisnya. Pola penurunan nilai E^* dengan peningkatan suhu dapat diamati pada Gambar 1.



Gambar 1. Hubungan Kadar Limbah Masker dan Modulus Kekakuan Aspal (E^*)

Penelitian ini membuktikan bahwa penambahan serat limbah masker medis secara signifikan meningkatkan nilai Modulus Kekakuan Aspal (E^*) pada aspal penetrasi 60/70, yang mencerminkan kemampuan aspal dalam menahan tegangan geser berulang tanpa mengalami deformasi permanen. Semakin tinggi persentase limbah masker yang ditambahkan, semakin besar peningkatan nilai E^* yang diperoleh. Pada suhu 58°C hingga 82°C, nilai E^* aspal modifikasi dengan 1%, 2%, dan 3% limbah masker meningkat masing-masing dalam kisaran 6%–78%, 39%–148%, dan 70%–253% dibandingkan dengan aspal murni. Penambahan 3% limbah masker menghasilkan nilai E^* tertinggi, menunjukkan karakteristik elastisitas dan

kekakuan yang lebih baik, serta kemampuan yang lebih tinggi dalam menahan deformasi akibat beban lalu lintas. Selain itu, peningkatan temperatur gagal dari 66,5°C pada aspal murni menjadi 75,1°C pada aspal dengan 3% limbah masker menunjukkan bahwa aspal modifikasi lebih tahan terhadap *rutting* pada suhu tinggi. Secara keseluruhan, penambahan serat limbah masker medis tidak hanya meningkatkan kinerja aspal terhadap deformasi, tetapi juga memperpanjang rentang suhu operasi yang aman, menjadikannya solusi potensial dalam pembangunan jalan yang lebih tahan lama dan berkelanjutan.

SIMPULAN

Hasil dari pengumpulan data, analisis, dan pembahasan sebelumnya adalah aspal dengan 3% limbah masker memiliki nilai E^* tertinggi, yang menunjukkan resistensi deformasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel aspal lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat limbah masker 3% dapat meningkatkan nilai Modulus Kekakuan Aspal (E^*) dan dibandingkan dengan sampel aspal lainnya, menunjukkan perilaku yang lebih elastis dan kaku.

Deformasi (*rutting*) aspal dengan tingkat penetrasi 60/70 pada suhu $66,5^{\circ}\text{C}$ lebih kecil dibandingkan dengan aspal dengan 1% limbah masker ($69,0^{\circ}\text{C}$), aspal dengan 2% limbah masker ($72,0^{\circ}\text{C}$), dan aspal dengan 3% limbah masker ($75,1^{\circ}\text{C}$). Berdasarkan data yang sudah dijelaskan, nilai E^* dipengaruhi oleh perubahan suhu yang mengubah karakteristik viskoelastisnya.

DAFTAR PUSTAKA

AASHTO T 315. (2012). *Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)*. Washington D.C.

Boroujeni, M., Saberian, M., dan Li, J. (2021). Environmental Impacts of COVID-19 on Victoria, Australia, Witnessed Two Waves of Coronavirus. *Environmental Science and Pollution Research International*, 28(11), 14182–14191.

Chalermisinsuwan, B., Li, Y., dan Manatura, K. (2022). Optimization of Gasification Process Parameters for COVID-19 Medical Masks using Response Surface Methodology. *Alexandria Engineering Journal*, 62, 335–347.

Dewi, M. P. P., Putri, W. A. E., Kurniawan,

P., dan Cantik, B. K. P. (2023). Pemanfaatan Limbah Masker Sekali Pakai sebagai Bahan Pengganti Bitumen terhadap Nilai Stabilitas dan Flow. *Jurnal Teknik Sipil*, 17(2), 112–123.

Ilyas, S., Srivastava, R. R., dan Kim, H. (2020). Disinfection Technology and Strategies for COVID-19 Hospital and Bio-medical Waste Management. *Sci. Total Environ*, 749, 141652.

Mohammadhosseini, H., Alyousef, R., dan Tahir, M. M. (2021). Retracted: Towards Sustainable Concrete Composites through Waste Valorisation of Plastic Food Trays as Low-cost Fibrous Materials. *Sustainability*, 13(4), 1–22.

Putra, I. G. A. A. (2024). Studi Literatur: Karakteristik Aspal Penetrasi 60/70 yang Ditambahkan Serat Limbah Masker Medis. *Dinamika Teknik Sipil*, 17(1), 1–7.

Putra, I. G. A. A., Thanaya, I. N. A., Ariawan, I. M. A., dan Ciawi, Y. (2024a). Enhancing Porous Asphalt Performance by Adding Waste Mask Fiber: Experimental Analysis of Stiffness, Fatigue, and Creep at Optimum Asphalt Content. *RGSA: Revista De Gestão Social E Ambiental*, 18(7), 1-28.

Putra, I. G. A. A., Thanaya, I. N. A., Ariawan, I. M. A., dan Ciawi, Y. (2024b). Unsur Senyawa Kimia dari Limbah Masker Medis untuk Meningkatkan Kinerja Campuran Aspal. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 19(1), 49–59.

Read, J. dan Whiteoak, D. (2003). *The Shell Bitumen Handbook (Fifth Edition)*. London: Thomas Telford Publishing.

Riyanto, S., Subagyo, U., Asukmajaya R., B., dan Kurniawan A. M. (2024). Analisis Penambahan Penambahan

Studi Sifat Viskoelastis (Putra/ hal. 14-20)

- Cacahan Limbah Masker Medis pada Kinerja Campuran Aspal. *Jurnal Qua Teknika*, 14(2), 119–128.
- Selvaranjan, K., Navaratnam, S., Rajeev, P., dan Ravintherakumaran, N. (2021). Environmental Challenges Induced by Extensive Use of Face Masks During COVID-19: A Review and Potential Solutions. *Environmental Challenges*, 3(100039), 1–11.
- Wang, L., He, T., Zhou, Y., Tang, S., Tan, J., Liu, Z., dan Su, J. (2021). The Influence of Fiber Type and Length on the Cracking Resistance, Durability and Pore Structure of Face Slab Concrete. *Construction and Building Materials*, 282(2), 122706.
- Zhao, Z., Wu, S., Liu, Q., Xie, J., Yang, C., Wang, F., dan Wan, P. (2022). Recycling Waste Disposable Medical Masks in Improving the Performance of Asphalt and Asphalt Mixtures. *Construction and Building Materials*, 337(127621).