

# Tinjauan Karakteristik Aspal yang Ditambahkan Serat Limbah Masker Menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM)

I Gusti Agung Ananda Putra  
Jurusan Teknik Lingkungan, Universitas Pendidikan Nasional  
Jalan Bedugul No. 39, Denpasar  
<sup>2</sup>E-mail: anandaputra@undiknas.ac.id

*Abstrak — Masker adalah jenis perlindungan pernafasan yang digunakan untuk mencegah orang menghirup bahan bahaya atau kontaminasi di udara. Walaupun penting untuk menggunakan masker demi mencegah penyebaran virus Corona, pembuangan masker dapat membahayakan lingkungan. Masker medis biasanya memiliki tiga lapisan: bahan yang mudah meleleh membentuk lapisan tengah, dan kain non-woven yang tahan air membentuk lapisan eksternal dan internal. Secara umum, masker medis mengandung polipropilena dalam komposisi kimianya. Pada review ini akan dibahas struktur aspal yang ditambahkan serat limbah masker pada skala mikro dan nano dengan menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM). Metode yang dipakai adalah literature studi dari peneliti terdahulu. Artikel ini didasarkan pada sumber referensi utama yang berasal dari Research Gate, Science Direct, dan Google Scholar. Ditemukan bahwa pemanfaatan limbah masker bedah yang ditambahkan ke dalam aspal menimbulkan interaksi antara aspal dan limbah masker bedah menjadi semakin kuat dan mengurangi kemungkinan terjadinya fraktur getas pada aspal akibat konsentrasi tegangan sehingga kompatibilitas limbah masker dan aspal menjadi baik.*

*Kata-kata Kunci: limbah; masker bedah; polipropilena; virus corona; scanning electron microscopy.*

*Abstract — Respiratory protection used to protect people from inhaling harmful substances or contaminants in the air is known as a mask. While it is important to wear masks to prevent the spread of the coronavirus, the disposal of masks can harm the environment. Medical masks typically have three layers: melt-blown material makes up the central layer, and waterproof non-woven fabric makes up the outer and inner layers. In general, medical masks contain polypropylene in their chemical composition. This review will discuss the structure of asphalt added with waste mask fibers at the micro and nano scale using Scanning Electron Microscopy (SEM). The method used is literature study from previous researchers. This article is based on the main reference sources from Research Gate, Science Direct, and Google Scholar. It was found that the use of surgical mask waste added to asphalt causes the interaction between asphalt and surgical mask waste to become stronger and this minimizes the risk of asphalt developing brittle fractures caused by stress concentration, resulting in favorable compatibility between mask waste and asphalt.*

*Keywords: waste; surgical masks; polypropylene; corona virus; scanning electron microscopy.*

## I. PENDAHULUAN

Pandemi virus corona dengan cepat membuat dunia tertahan sejak kemunculannya yang pertama pada akhir 2019, yang memengaruhi ekonomi, sistem kesehatan, dan mata pencaharian dalam skala global (Boroujeni et al., 2021). Pandemi COVID-19, terutama antara tahun 2019 dan 2021, memperkenalkan sejumlah besar masker sekali pakai dan alat pelindung diri (APD) kesehatan lainnya ke masyarakat dalam waktu yang sangat singkat sebagai alat yang paling efisien untuk mengurangi tingkat penyebaran penyakit dari virus mematikan (Selvaranjan et al., 2021). Hal ini telah memberikan kontribusi terhadap peningkatan besar dalam produksi limbah masker. Peningkatan masker ini dapat menyebabkan pencemaran air, tanah, maupun lingkungan dan memiliki efek

negatif yang merugikan pada organisme hidup (Mohammadhosseini et al., 2021). Untuk mengurangi limbah masker medis yang dapat mencemari lingkungan, langkah terbaik adalah dengan melakukan daur ulang.

Daur ulang limbah masker dan pemanfaatannya kembali dalam bahan bangunan bisa menjadi cara yang layak untuk mengatasi masalah ini. Ternyata limbah masker medis dapat meningkatkan kekuatan, ketahanan, kelenturan, dan stabilitas konstruksi jalan dengan menambahnya ke dalam konsentrat daur ulang (Lie, 2021). Oleh karena itu, solusi untuk masalah ini adalah mendaur ulang limbah masker medis dan menggunakannya kembali sebagai penguat bahan konstruksi (Selvaranjan et al., 2021). Limbah tersebut dapat mengandung patogen infeksius, oleh karena itu proses daur ulang harus mencakup tahap yang menyediakan desinfeksi yang efektif. Menyimpan limbah tersebut

selama sembilan hari dan menggunakan disinfektan dapat digunakan untuk menonaktifkan virus, sehingga mengurangi risiko infeksi lebih lanjut (Ilyas et al., 2020). Polipropilena, sejenis plastik yang sulit terurai, digunakan untuk membuat masker medis. Namun, karena sangat elastis, bahan ini dapat digunakan sebagai pengganti aspal (Setyaningrum et al., 2022). Menurut Budiman *et al.* (2022) Masker medis terbuat sebagian besar dari polipropilena, yang memiliki sifat termoplastik, yang mengingatkan pada aspal, yang merupakan bahan tak terbarukan yang digunakan dalam perkerasan jalan selama jutaan tahun (Putri & Andilla, 2017).

Menurut (Mazumder et al., 2018) perilaku viskoelastik aspal dan reologi kompleksnya sebagai termoplastik memainkan peran penting untuk meningkatkan daya tahan umur perkerasan jalan seperti ketahanan terhadap retak akibat lalu lintas dan alur, karena aspal memiliki dua sifat ekstrim yaitu i) bahan elastis murni yang membantu menahan kegagalan getas pada pembebanan yang cepat dan ii) cairan kental murni yang membantu bertindak sebagai bahan yang mengalir pada pembebanan yang lambat pada temperatur tinggi. Perilaku yang kompleks ini diatur oleh komposisi kimia dan struktur mikro aspal. Aspal bukanlah sistem yang homogen atau sistem fase tunggal, tetapi terdiri dari berbagai ukuran mikrostruktur intermolekuler dan struktur kimia. Kekayaan kimia dalam aspal bergantung pada interaksi antarmolekul yang kompleks dan sumber minyak mentah serta sejarah termalnya. Perubahan sifat fisik, kimia, mikrostruktur, dan reologi menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) (Geçkil, 2019). SEM merupakan perangkat karakterisasi serba guna yang memungkinkan pengamatan dan analisis bahan organik dan anorganik yang heterogen dalam rentang skala mikrometer hingga nanometer. Dengan kemampuannya, SEM dapat menghasilkan gambar tiga dimensi dari permukaan berbagai jenis bahan (Mazumder et al., 2018).

Berbagai peneliti telah menyelidiki struktur aspal yang ditambahkan serat limbah masker pada skala mikro dan nano dengan menggunakan Scanning Electron

Microscopy (SEM). Artikel ini merangkum beberapa analisis karakteristik aspal yang ditambahkan serat limbah masker menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) dari peneliti sebelumnya.

## II. METODE

Artikel ini menerapkan metode studi literatur dengan memilih topik berdasarkan fakta bahwa penimbunan limbah masker telah meningkat akibat pandemi virus Corona yang melanda seluruh dunia. Peningkatan jumlah limbah masker ini mengakibatkan potensi pencemaran lingkungan. Dalam penelitian ini, serat dari limbah masker dijadikan bahan aditif untuk mengevaluasi dampaknya terhadap sifat-sifat aspal. Referensi utama artikel ini berasal dari sumber-sumber seperti ResearchGate, ScienceDirect, dan Google Scholar.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aspal

Aspal adalah substansi alami yang terdiri dari hidrokarbon dan dieksplorasi dalam bentuk hitam, dengan sifat plastis hingga cair. Aspal tidak larut dalam larutan asam encer, alkali, atau air, namun dapat larut sebagian dalam aether, CS<sub>2</sub>, bensol, dan chloroform (Saodang, 2005).

### Masker

Pelindung pernafasan, yang bertujuan melindungi individu dari inhalasi zat berbahaya atau kontaminan udara, dikenal sebagai masker atau perlindungan pernafasan. Masker ini tidak dimaksudkan untuk menggantikan metode pencegahan penyakit yang lebih efektif, tetapi digunakan untuk memberikan perlindungan yang memadai kepada penggunanya (Cohen & Birdner, 2012). Salah satu jenis masker yang digunakan dalam studi ini adalah masker medis, biasanya terbuat dari bahan kain non-woven. Masker medis biasanya memiliki tiga lapisan: bahan yang mudah meleleh membentuk lapisan tengah, dan kain non-woven yang tahan air membentuk lapisan eksternal dan internal (Fadare & Okoffo, 2020). Tiga fungsi utama dari lapisan masker medis tersebut adalah lapisan luar yang anti air, lapisan tengah sebagai filter, dan lapisan dalam untuk menyerap cairan yang keluar dari mulut (Sunda, 2020).

### Scanning Electron Microscopy (SEM)

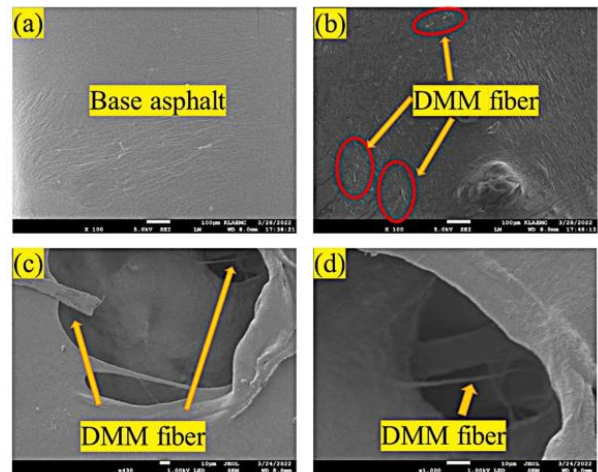
Mikroskop elektron pemindaian adalah alat

karakterisasi serbaguna yang memungkinkan pengamatan dan analisis mikromorfologi material. SEM adalah metode yang paling berharga yang digunakan untuk mempelajari morfologi fasa dari aspal yang dimodifikasi polimer, karena memungkinkan pemantauan struktur dan homogenitas pada material. Gambar SEM dapat digunakan untuk memberikan informasi tentang dispersi fase kaya polimer dalam pengikat yang dimodifikasi, untuk memberikan pemahaman tentang kompatibilitas aspal-polimer, untuk menemukan kandungan polimer yang optimal, dan untuk mengungkapkan kerusakan yang diakibatkan oleh proses penuaan. Pada gambar SEM, fase kaya aspal tampak gelap atau hitam, dan fase kaya polimer tampak terang (Mazumder et al., 2018)

#### Hasil Penelitian Terdahulu

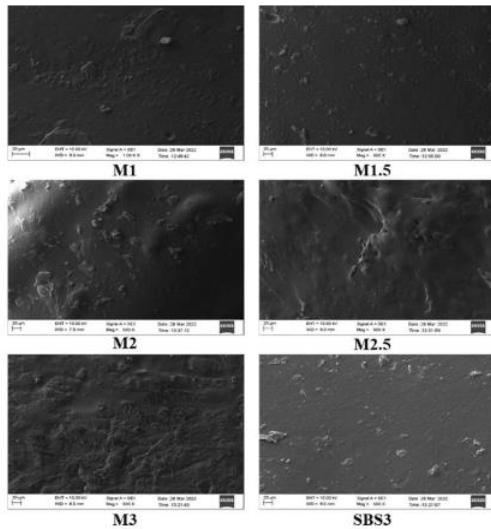
Berdasarkan hasil analisis karakteristik aspal yang ditambahkan serat limbah masker menggunakan Scanning Electron Microscopy (SEM) yang berasal dari beberapa penelitian terdahulu bisa dilihat di bawah ini.

1. Scanning Electron Microscopy (SEM)  
SEM digunakan untuk memeriksa morfologi aspal dasar dan aspal termodifikasi 4% masker medis sekali pakai (DMM). Gambar 1 menyajikan gambar SEM dari aspal dasar dan aspal modifikasi 4% DMM. Dapat diamati dari Gambar. 1(a) bahwa permukaan aspal dasar halus dan homogen. Gambar 1(b)-(d) adalah gambar SEM dari aspal modifikasi 4% DMM dengan perbesaran masing-masing 100 kali, 430 kali dan 1000 kali. Dapat dilihat dengan jelas bahwa serat DMM terdistribusi di dalam aspal dalam bentuk strip atau bintik-bintik.



Gambar 1. Gambar SEM: (a) aspal dasar; (b), (c) dan (d) adalah perbesaran 100 kali, 430 kali dan 1000 kali dari aspal modifikasi DMM 4%. Sumber: (Chang & Zhang, 2016)

Penelitian yang dilakukan oleh Yalcin et al. (2022) menyajikan gambar SEM dari masker bedah limbah dan aspal yang dimodifikasi SBS. Ketika rasio limbah masker dalam pengikat meningkat, aditif mencakup area aspal yang lebih luas. Meskipun zat aditif tampak sebagai titik atau kelompok kecil dengan kandungan zat aditif yang lebih rendah, kandungan zat aditif yang tinggi menghasilkan kelompok yang lebih besar yang menutupi area permukaan. Lebih lanjut, dapat dinyatakan bahwa penambahan berbagai potongan aditif ke dalam aspal dan interaksi aditif secara simultan dan halus pada permukaan menunjukkan bahwa bahan aditif terikat kuat pada aspal. Dengan meningkatnya rasio limbah masker bedah, interaksi antara aspal dan limbah masker bedah menjadi semakin kuat.

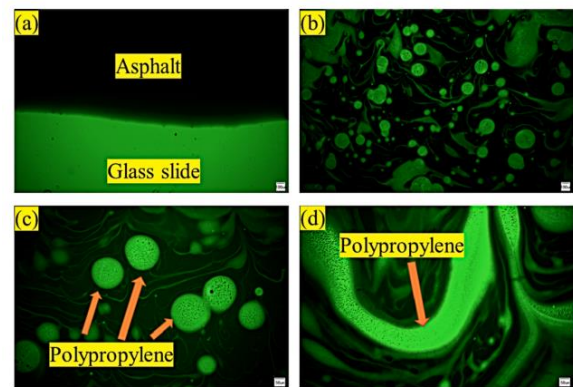


Gambar 2. Gambar SEM limbah masker dan SBS  
Sumber: Yalcin et al. (2022)

## 2. Microscopic analysis

Kompatibilitas bahan pengubah dan aspal merupakan faktor kunci yang menentukan efek modifikasi dan proses produksi aspal yang dimodifikasi. Mikroskop fluoresen digunakan untuk mengamati distribusi fasa limbah DMM dalam aspal. Gambar mikroskop fluoresensi dari aspal dasar dan aspal modifikasi limbah DMM ditunjukkan pada Gbr. 3. Pada gambar fluoresensi Gbr. 3(a), material berpendar adalah slide kaca, dan bagian hitam adalah fase aspal. Pada gambar fluoresensi Gbr. 2(b-d), bahan fluoresen adalah limbah DMM, dan bagian hitam adalah fase aspal. Dapat dilihat bahwa limbah DMM terdispersi pada permukaan aspal dalam bentuk titik-titik dan garis-garis seperti yang ditunjukkan pada Gbr. 3(c) dan (d). Hal ini mungkin terjadi karena proses penghancuran DMM dan proses pencacahan pada pembuatan aspal modifikasi membuat DMM terpecah menjadi filamen dan serbuk. Pada Gbr. 3(b), diamati pada perbesaran 50 kali bahwa serat DMM relatif tersebar secara seragam di dalam aspal, dan tidak ada aglomerasi seperti titik dan strip yang tumpang tindih. Pada Gbr. 3(c), diamati pada perbesaran 100 kali bahwa jarak antara serat DMM yang berbentuk titik lebih dari 20  $\mu\text{m}$ , dan tidak terdapat aglomerasi serat DMM yang berbentuk titik. Pada Gbr. 3(c), diamati pada perbesaran 100 kali bahwa jarak antara serat DMM yang menyerupai titik lebih dari

20  $\mu\text{m}$ , dan tidak ada aglomerasi serat DMM yang menyerupai titik. Pada Gambar 3(d), diamati pada perbesaran 100 kali bahwa jarak antara dua strip serat DMM lebih dari 50  $\mu\text{m}$ , dan tidak ada fenomena tumpang tindih yang jelas. Hal ini mungkin disebabkan karena proses penghancuran DMM dan proses pencukuran pada pembuatan aspal modifikasi membuat DMM terpecah menjadi filamen dan serbuk. Tidak ada aglomerasi partikel DMM di dalam aspal, yang mengurangi kemungkinan terjadinya fraktur getas pada aspal akibat konsentrasi tegangan. Oleh karena itu, kompatibilitas limbah DMM dan aspal menjadi baik.



Gambar 3. Mikrograf fluoresensi. (a) Aspal dasar; (b), (c) dan (d) aspal modifikasi limbah DMM 4%.

Sumber: (Chang & Zhang, 2016)

## IV. KESIMPULAN

1. Penambahan limbah masker bedah ke dalam aspal menimbulkan interaksi antara aspal dan limbah masker bedah menjadi semakin kuat.
2. Penambahan limbah masker bedah ke dalam aspal mengurangi kemungkinan terjadinya fraktur getas pada aspal akibat konsentrasi tegangan sehingga kompatibilitas limbah masker dan aspal menjadi baik.

Berdasarkan pada hasil analisis dan kesimpulan di atas, maka saran yang dapat diberikan yaitu:

1. Memanfaatkan limbah masker bedah sebagai aditif dalam campuran aspal merupakan pendekatan yang ramah lingkungan yang dapat mengurangi pencemaran lingkungan sambil menghasilkan aspal berkualitas tinggi.
2. Perlu analisis lebih lanjut terkait pengaruh penambahan limbah masker bedah terhadap sifat aspal.

## DAFTAR PUSTAKA

- 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. <https://doi.org/10.1007/S11356-021-12556-Y>
- Budiman, A. S., Rebia, R. A., Hidayah, F. N., Septyani, D. W., Isla, S. A., Studi, P., Tekstil, R., Industri, F. T., dan Indonesia, U. I. (2022). Masker Medis Tiga Lapis Dengan Variasi Berat. *Jurnal Ilmiah Cendekia Eksakta*, 73–78.
- Chang, dan Zhang. (2016). Recycling waste disposable medical masks in improving the performance of asphalt and asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 337(May), 127621. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127621>
- Cohen, H. J., dan Birdner, J. S. (2012). Department of Occupational And Environmental Medicine. *Respiratory Protection*, 783–793.
- Fadare, O. O., dan Okoffo, E. D. (2020). Covid-19 face masks: A potential source of microplastic fibers in the environment. *Science of The Total Environment*, 737, 140279. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.140279>
- Geçkil, T. (2019). Physical, chemical, microstructural and rheological properties of reactive terpolymer-modified bitumen. *Materials 2019*, Vol. 12, Page 921, 12(6), 921. <https://doi.org/10.3390/MA12060921>
- Ilyas, S., Srivastava, R. R., dan H. Kim. (2020). Disinfection technology and strategies for COVID- 19 hospital and bio-medical waste management. *Sci. Total Environ*, 749.
- Lie, J. (2021). *Masker bekas pakai ternyata bisa untuk bahan konstruksi jalan raya - Majalah CSR.id*. <https://majalahcsr.id/masker-bekas-pakai-ternyata-bisa-untuk-bahan-konstruksi-jalan-raya/>
- Mazumder, M., Ahmed, R., Wajahat Ali, A., dan Lee, S. J. (2018). SEM and ESEM techniques used for analysis of asphalt binder and mixture: A state of the art review. *Construction and Building Materials*, 186, 313–329. <https://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2018.07.126>
- Mohammadhosseini, H. Alyousef, R., dan Md. Tahir, M. (2021). Towards Sustainable concrete composites through waste valorisation of plastic food trays as low-cost fibrous materials. *Sustainability*, 13.
- Putri, E. E., dan Andilla, M. A. T. (2017). *Pemanfaatan material reclaimend asphalt pavement ( rap ) sebagai bahan campuran untuk lapisan asphalt pavement concrete wearing course (AC-WC)*. 483–492.
- Saodang, H. (2005). *Konstruksi jalan raya*. Nova.
- Selvaranjan, K., Navaratnam, S., Rajeev, P., dan Ravintherakumar, N. (2021). Environmental challenges induced by extensive use of face masks during COVID-19: A review and potential solutions. *Environmental Challenges*, 3, 100039. <https://doi.org/10.1016/J.ENVC.2021.100039>
- Setyaningrum, S., Salsabila, Z. N., Rahmawati, A. A., Putri, A. I., Amalia, D. N., dan Tsany, S. A. (2022). Coaxyl-mask: Masker ramah lingkungan dari sabut kelapa (cocos nucifera) dan acetobacter xylinum. *Fluida*, 15(1), 43–50. <https://doi.org/10.35313/FLUIDA.V15I1.3481>
- Sunda, U. (2020). *Dijelaskan kemenkes, ini beda spesifikasi masker bedah dan N95*. <https://rm.id/baca-berita/nasional/32932/dijelaskan-kemenkes-ini-beda-spesifikasi-masker-bedah-dan-n95>
- Yalcin, E., Munir Ozdemir, A., Vural Kok, B., Yilmaz, M., dan Yilmaz, B. (2022). Influence of pandemic waste face mask on rheological, physical and chemical properties of bitumen. *Construction and Building Materials*, 337(April), 127576. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127576>