



Pengaruh Pemanfaatan Limbah Masker dan Reclaimed Asphalt Pavement Pada Campuran Beraspal Berpori ¹

The Effect of Utilizing Waste Masks and Reclaimed Asphalt Pavement on Porous Asphalt Mixtures

Livia ^a, Yurika ^b, Amelia Makmur ^{b,2}, Rachmansyah ^b

^a Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana, Jl. Tanjung Duren Raya No.4 Tanjung Duren Utara Kec. Grogol Petamburan Kota Jakarta Barat

^b Dosen Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Kristen Krida Wacana, Jl. Tanjung Duren Raya No.4 Tanjung Duren Utara Kec. Grogol Petamburan Kota Jakarta Barat

ABSTRAK

Selama masa Pandemi Covid 19, penggunaan masker sekali pakai menjadi keharusan, bahkan sampai saat ini untuk alasan kesehatan. Kebijakan ini menyisakan tugas baru bagi pengolahan limbah masker yang sulit terurai. Sama halnya, dengan limbah konstruksi dari perkerasan aspal yang rusak (RAP) perlu penanganan untuk pemanfaatan kembali. Sementara itu, pertumbuhan infrastruktur menyisakan sedikit ruang terbuka dan kedap lapisan permukaan jalan sehingga, menyebabkan limpasan air permukaan yang menyebabkan banjir. Menanggapi hal itu, perlu dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah rumah tangga dan limbah konstruksi sebagai bahan campuran perkerasan berpori yang dapat diaplikasikan pada lahan parkir. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh dari penambahan limbah masker dan RAP pada campuran beraspal berpori terhadap parameter Marshall. Hasil penelitian memperlihatkan penambahan limbah masker sebanyak 1% dan RAP sebesar 10% akan menurunkan nilai permeabilitas sebesar 11,72% tetapi meningkatkan nilai stabilitas sebesar 19,96%. Dapat disimpulkan, limbah masker dan RAP dapat digunakan untuk menaikkan nilai stabilitas dalam parameter Marshall.

Kata kunci: Beraspal Berpori, Rap, Masker, Permeabilitas, Stabilitas.

ABSTRACT

During the Covid-19 pandemic, the use of disposable masks has become a necessity for health reasons and remains so even today. However, this policy has presented a new challenge in handling non-biodegradable mask waste. Similarly, construction waste like Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) requires proper management for reuse. Meanwhile, urban development and infrastructure growth have left limited open space and impervious surface layers, resulting in surface water runoff and subsequent flooding. In response to these challenges, research is necessary to explore the utilization of household waste and construction waste as components in porous pavement mixtures that can be applied to parking areas. The objective of this study is to investigate the impact of incorporating mask waste and RAP into porous asphalt mixtures on Marshall parameters. The research findings reveal that adding 1% mask waste and 10% RAP to the mixture decreases permeability by 11.72%, while increasing stability by 19.96%. This indicates that the addition of mask waste and RAP can enhance the stability of the asphalt mixture according to the Marshall parameters.

Keywords: Porous Asphalt, Rap, Masks, Permeability, Stability.

¹ Info Artikel: Received: 26 Oktober 2024, Accepted: 30 Desember 2024

² Corresponding Author: Amelia Makmur, amelia@ukrida.ac.id

PENDAHULUAN

Pandemi COVID-19 berlangsung selama kurang lebih dua tahun, disertai protokol kesehatan yang mengharuskan masyarakat menggunakan masker dalam setiap aktivitas. Kebijakan ini berpotensi mengancam lingkungan akibat meningkatnya limbah masker sekali pakai (Yunianto, 2020). Peningkatan limbah masker yang dihasilkan dari rumah tangga berupa masker sekali pakai jenis plastik polypropylene apabila tidak ditangani dapat membahayakan lingkungan dan kesehatan masyarakat. Jumlah total limbah masker seluruh Indonesia sebanyak 1.662,75 ton (KLHK, 2021). Selain itu, perkembangan lalu lintas dan perubahan cuaca yang tidak menentu menghasilkan masalah untuk lapisan perkerasan jalan. Perkerasan jalan yang mengalami kelelahan memerlukan perbaikan dengan cara pembongkaran dan overlay. Pembongkaran dan overlay dilakukan untuk mengganti perkerasan lama dan dilapisi dengan perkerasan baru. Hasil pembongkaran konstruksi jalan dapat menghasilkan limbah baru disebut limbah aspal. Limbah aspal/RAP hasil pembongkaran apabila tidak dilakukan pengolahan dan pemanfaatan kembali dapat berdampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu, memerlukan pemanfaatan kembali dalam menghindari dampak negatif untuk lingkungan. Limbah aspal/RAP mempunyai potensi dipergunakan sebagai bahan alternatif perkerasan jalan dalam substitusi/pengganti penggunaan agregat dan aspal baru (Bethary et al, 2018).

Sementara itu, pertumbuhan infrastruktur di perkotaan mengalami perkembangan tetapi tidak diimbangi dengan perluasan lahan hijau sehingga daerah resapan air berkurang. Hal tersebut dapat mengakibatkan banjir apabila limpasan air permukaan yang tinggi karena kurangnya daerah resapan air. Salah satu solusi adalah perkerasan berpori dengan bahan pengikat aspal untuk mengurangi limpasan air permukaan dan dapat mengisi kembali air tanah yang berfungsi sebagai sistem drainase (Mayuni et al, 2020). Namun, perkerasan berpori mempunyai stabilitas dan kinerja perkerasan yang rendah. Maka dilakukan penelitian untuk memanfaatkan limbah pada campuran beraspal berpori. Campuran beraspal berpori merupakan campuran yang digunakan untuk jalan dengan beban lalu lintas rendah seperti lahan parker, lapangan, dan Lorong kecil (Sembung et al, 2020). Campuran beraspal pada base course/subbase course yang ditambahkan dengan masker 1% dapat meningkatkan nilai stabilitas tetapi penambahan masker lebih dari 2% dapat menurunkan nilai stabilitas (Saberian et al, 2021). Campuran beraspal berpori dengan substitusi limbah aspal sebesar 40% tidak memenuhi KAO karena nilai VIM tidak memenuhi syarat (Putri dan Risdianto, 2019).

Pada penelitian ini campuran beraspal berpori akan menggunakan masker dengan variasi kadar 1%, 1,5%, dan 2% terhadap berat aspal dan limbah aspal menggunakan variasi 5%, 10%, dan 15% terhadap berat total campuran yang belum dilakukan pada penelitian sebelumnya. Penambahan limbah aspal sebagai pengganti penggunaan aspal dan agregat baru pada campuran. Tujuan penambahan limbah pada campuran beraspal berpori adalah untuk mengetahui pengaruh dari penambahan masker dan RAP terhadap parameter Marshall, yaitu stabilitas. Campuran beraspal berpori dapat dimanfaatkan untuk mengatasi limpasan air pada lahan parkir.

Perkerasan beraspal berpori merupakan inovasi dari konstruksi jalan yang digunakan untuk beban lalu lintas sedang hingga rendah. Perkerasan beraspal berpori mempunyai karakteristik yaitu rongga udara sebanyak 15 – 25% dan mempunyai sifat permeabilitas serta dapat berfungsi sebagai sistem drainase (Erita et al, 2019). Perkerasan beraspal berpori adalah campuran beraspal dengan gradasi terbuka. Komposisi campurannya mengandung

agregat kasar sebanyak 70 – 85% sedangkan agregat halus sebanyak 15 – 30% terhadap total campuran untuk mendapatkan rongga udara yang besar antar agregat (Ismayalomi et al, 2019). Pemilihan gradasi agregat akan mempengaruhi desain campuran beraspal berpori. Nilai stabilitas yang diperoleh pada campuran beraspal berpori mengandalkan kontak antara agregat kasar. Material pada campuran beraspal berpori terdiri dari aspal, agregat halus, dan *filler* untuk mortar aspal (Nakanishi et al, 2019). Pemilihan gradasi agregat untuk membuat campuran beraspal berpori mengacu pada standar (*National Asphalt Pavement Association, 2003*) dan (*Australian Asphalt Pavement Association, 2004*).

Limbah masker merupakan limbah yang mengandung mikroorganisme parasit yang dapat menyebabkan wabah untuk masyarakat karena bersifat patogen dan sulit untuk terurai. Masker yang sering sekali digunakan sekarang ini dan menjadi gaya hidup sehari-hari sehingga pemakaian masker tersebut meningkat. Penggunaan masker menimbulkan timbunan limbah masker serta polutan yang tidak terkendali. Masker sekali pakai terbuat dari jenis plastik *polypropylene* sebagai bahan dasar pembuatan masker (Victory, 2021). Kandungan plastik pada masker sekali pakai ini merupakan jenis mikroplastik yang sulit untuk terurai secara alami dimana saat terurai menjadi kepingan kecil yang disebut mikroplastik dan terurai menjadi nanoplastik selama prosesnya saat menjadi mikroplastik plastik ini akan menyerap racun dan menjadi pencemar organik.

Jenis plastik ini mempunyai sifat yang kuat dan lentur, tahan terhadap seperti bahan kimia, panas, dan minyak, serta dapat menjadi lunak apabila dipanaskan hingga suhu 140°C (Arif, 2018). Komposisi yang terdapat pada masker sekali pakai menurut *World Health Organization (WHO)* terdapat dari 3 lapisan yaitu pada lapisan terdalam sebagai bahan penyerap seperti kapas yang terdiri dari kepingan *translucent*, pada lapisan tengah adalah bahan yang tidak ditenun seperti *polypropylene* berwarna putih, dan pada lapisan terluar merupakan bahan yang tidak dapat menyerap atau kedap terhadap air seperti poliester terdiri dari kepingan berwarna hijau, biru atau putih.

Limbah RAP merupakan hasil pembongkaran atau penggarukan konstruksi perkerasan jalan dimana dapat menjadi bahan alternatif untuk digunakan kembali. Limbah aspal berpotensi untuk mengganti dan mengurangi penggunaan agregat dan aspal baru karena keterbatasan sumber daya. Pembongkaran limbah aspal dapat dilakukan dengan menggunakan alat berupa *excavator* dan *cold milling*. Apabila menggunakan limbah aspal memerlukan pengujian terlebih dahulu dengan syarat yang diperbolehkan untuk kadar aspal RAP minimal 3,8% dan mempunyai nilai penetrasi aspal RAP untuk suhu 25°C minimal 20. Penggunaan RAP untuk campuran aspal panas apabila menggunakan sebanyak 15% atau lebih dari itu, perlu penambahan aspal baru.

Pemakaian daur ulang aspal untuk campuran beraspal memberikan keuntungan yaitu menghemat biaya pembuatan campuran dimana penggunaan agregat dan aspal baru berkurang sekitar 30%, mengatasi keterbatasan sumber daya material, mengurangi karbon dioksida sehingga menghemat energi dan mengurangi limbah yang dihasilkan dari konstruksi perkerasan jalan (Nono, 2018). Material RAP yang diperoleh perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui karakteristik dari material penyusunnya. Penggunaan RAP lebih dari 15% memerlukan penggunaan aspal baru yang lebih lunak dengan cara mencampurkan aspal baru dengan bahan peremaja (*rejuvenile*). Material RAP mengandung agregat ukuran kecil sehingga memerlukan penambahan agregat dan aspal baru dengan ukuran dan jumlah berat yang disesuaikan dengan spesifikasi gradasi yang digunakan.

METODOLOGI PENELITIAN

Metode Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan di laboratorium dengan cara pemeriksaan mutu dan sifat fisik agregat, aspal, dan limbah RAP. Pengujian mutu pada agregat terdiri dari analisis saringan, berat jenis dan penyerapan untuk agregat kasar dan halus, serta keausan. Pengujian mutu untuk aspal terdiri dari daktilitas, titik nyala dan titik bakar, titik lembek, penyelimutan dan pengelupasan pada campuran, berat jenis, serta penetrasi. Sedangkan, pengujian untuk limbah RAP adalah ekstraksi. Pengambilan data dengan melakukan pengujian ini mengacu pada peraturan SNI.

Metode Perencanaan Campuran

Perencanaan campuran atau *mix design* dilakukan untuk memperhitungkan jumlah material yang digunakan dalam membuat campuran beraspal berpori dari persentase lolos pengujian analisa saringan dan kadar aspal rencana. Berat keseluruhan satu benda uji yang terdiri dari aspal dan agregat sebesar 1200 gr. Selain itu, perencanaan campuran ini untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) yang akan digunakan dalam merencanakan campuran beraspal berpori dengan variasi kadar material limbah. Perencanaan campuran untuk mendapatkan KAO menggunakan kadar aspal sebesar 4,5%, 5%, 5,5%, dan 6% tanpa material limbah. Nilai KAO didapatkan dari hasil pengujian dengan kadar aspal tersebut yang telah memenuhi spesifikasi dan di rata-rata. Limbah masker menggunakan variasi kadar adalah 1%, 1,5%, dan 2%. Limbah RAP hasil pembongkaran perkerasan jalan dengan variasi kadar adalah 5%, 10%, dan 15%. Perancangan campuran beraspal berpori yang akan dilakukan mengacu pada spesifikasi *National Asphalt Pavement Association* (2003) dan *Australian Asphalt Pavement Association* (2004).

Metode Pengujian Campuran Beraspal Berpori

Pengujian campuran beraspal berpori terdiri dari pengujian permeabilitas dan Marshall. Pengujian permeabilitas pada campuran beraspal berpori mengacu pada standar ASTM C1701-09. Spesifikasi koefisien permeabilitas pada campuran mengacu pada buku *Permeable Pavement* (2015) sebesar lebih dari 0,1 cm/detik. Permeabilitas adalah kemampuan air untuk mengalir pada rongga campuran. Pengujian permeabilitas menggunakan metode *falling head permeability* yang mengacu prinsip Hukum Darcy. Koefisien permeabilitas didapatkan dengan mengacu pada persamaan 1.

$$k = 2,3 \times aLAt \times \log H_1 H_2 \quad (1)$$

dengan k = koefisien permeabilitas, a = luas penampang kecil, L = tinggi benda uji, A = luas penampang benda uji, t = waktu air mengalir dari H₁ ke H₂, H₁ = tinggi batas air atas, H₂ = tinggi batas air bawah.

Pengujian Marshall mengacu pada standar SNI 06-2489-1991. Data yang diperoleh dari pengujian Marshall yaitu stabilitas untuk mengukur kemampuan campuran beraspal menahan pembebanan sampai maksimum dan *flow* untuk menggambarkan kelenturan campuran atau perubahan bentuk campuran beraspal akibat pembebanan. Spesifikasi pada parameter Marshall mengacu pada *Australian Asphalt Pavement Association* (2004) untuk nilai stabilitas minimal 500 kg dan *flow* sebesar 2-6 mm

HASIL PENELITIAN

Pengujian Material Agregat

Hasil yang diperoleh dari pengujian material agregat, terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Pengujian ini menggunakan Standar Nasional Indonesia dengan spesifikasi dari Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan data yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Hasil Pengujian Material Agregat Kasar dan Halus

Pengujian Agregat	Standar	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
Agregat Kasar				
Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI-1969-2016	-	2,53 gr/cm ³	Memenuhi
Penyerapan	SNI-1969-2016	Maks. 3%	1,38%	Memenuhi
Keausan Agregat	SNI-2417-2008	Maks. 40%	27,04%	Memenuhi
Agregat Halus				
Berat Jenis <i>Bulk</i>	SNI-1970-2016	-	2,51 gr/cm ³	Memenuhi
Penyerapan	SNI-1970-2016	Maks. 3%	2,25%	Memenuhi

Tabel 1, menunjukkan keseluruhan pengujian material agregat kasar dan halus telah memenuhi spesifikasi dimana pada spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 berat jenis agregat kasar dan halus tidak diijinkan berbeda kurang dari 0,2. Hasil pengujian berat jenis pada agregat kasar lebih besar 0,02 gr/cm³ daripada agregat halus sedangkan angka penyerapan pada agregat halus lebih besar 0,87% daripada agregat kasar. Hal ini menunjukkan dengan hasil pengujian tersebut mempunyai volume yang kecil sehingga kadar aspal yang diperlukan sedikit. Sehingga, dapat disimpulkan agregat dapat digunakan untuk pembuatan campuran beraspal berpori.

Pengujian Material Aspal

Pengujian aspal menggunakan aspal dengan nilai penetrasi 60 – 70 dan pengujian ini menggunakan standar Standar Nasional Indonesia dengan spesifikasi dari Bina Marga 2018 Revisi 2 dengan data yang diperoleh disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil Pengujian Material Aspal

Pengujian Aspal	Standar	Spesifikasi	Hasil	Keterangan
Daktalitas	SNI-2432-2011	≥100 cm	150 cm	Memenuhi
Titik Nyala	SNI-2433-2011	≥232°	308°	Memenuhi
Titik Lembek	SNI-2434-2011	≥48°	58°	Memenuhi
Penyelimutan	SNI-2439-2011	Min. 95%	97%	Memenuhi
Berat Jenis	SNI-2441-2011	≥1 gr/cm ³	1,142 gr/cm ³	Memenuhi
Penetrasi	SNI-2456-2011	60 - 70	61,50	Memenuhi

Tabel 2, menunjukkan bahwa seluruh hasil pengujian material aspal memenuhi persyaratan. Pengujian daktalitas dengan hasil lebih atau sama dengan 100 cm menggambarkan kohesi aspal yang mempunyai daya lekat yang baik. Titik nyala dan lembek dengan hasil di atas spesifikasi menggambarkan aspal tidak mudah terbakar dan aspal dapat melunak pada suhu

tersebut. Hasil penetrasi besar atau lebih dari 60 menggambarkan aspal yang fleksibel karena tidak terlalu lunak. Dari data pengujian aspal tersebut dapat disimpulkan material aspal dapat digunakan sebagai bahan pengikat campuran beraspal berpori.

Pengujian Limbah *Reclaimed Asphalt Pavement* (RAP)

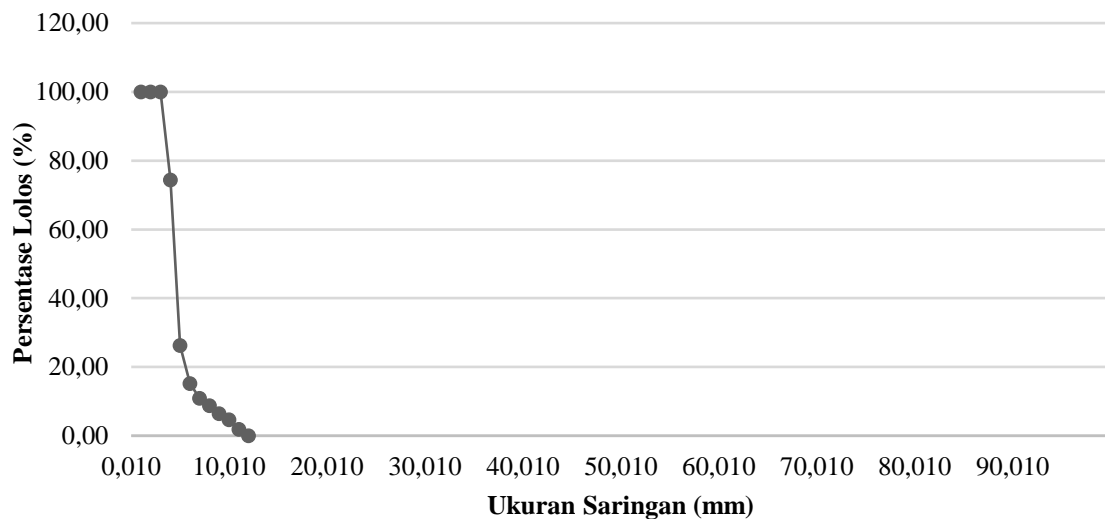
Limbah RAP yang diperoleh sebelum digunakan dilakukan pengujian terlebih dahulu. Pengujian RAP yang dilakukan adalah pengujian ekstraksi yang mengacu pada SNI 8279:2016. Data pengujian RAP disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 Hasil Pengujian Limbah RAP

Keterangan	Spesifikasi	Kadar Aspal BU 1 (%)	Kadar Aspal BU 2 (%)	Rata - Rata
RAP	≥3,80%	5,20	5,60	5,40

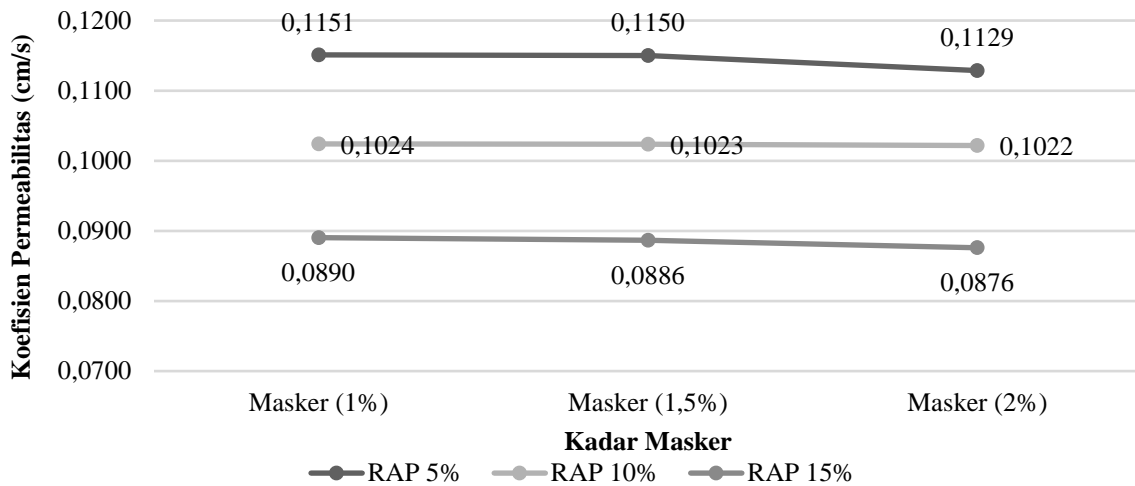
Pengujian Campuran Beraspal Berpori

Pengujian campuran beraspal berpori diawali dengan melakukan analisa saringan agregat campuran. Pada Gambar 1, menunjukkan hasil gradasi dari agregat campuran yang terdiri atas agregat dan RAP. Gradasi agregat campuran yang diperoleh dari pengujian adalah gradasi seragam atau disebut dengan gradasi terbuka. Disebut gradasi seragam dikarenakan agregat dan RAP menghasilkan gradasi dimana agregat halus mempunyai jumlah butiran yang sedikit sehingga tidak dapat mengisi rongga udara yang terdapat antar agregat. Sehingga, gradasi pada campuran ini akan menghasilkan lapisan perkerasan dengan karakteristik yaitu koefisien permeabilitas yang tinggi, tetapi mempunyai nilai stabilitas yang rendah.



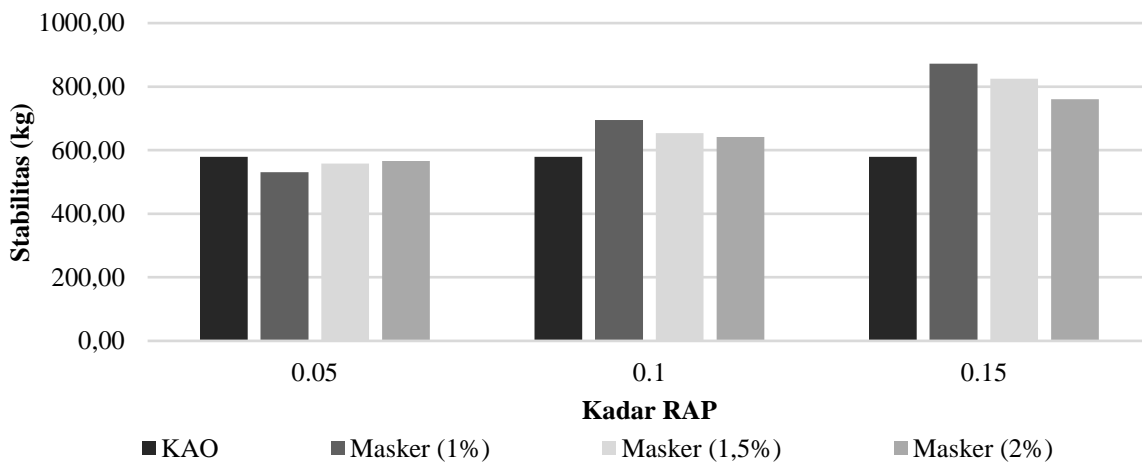
Gambar 1 Hasil Gradasi Agregat Campuran (Agregat dan RAP)

Pengujian campuran beraspal berpori tanpa material limbah diperoleh nilai KAO sebesar 5% dengan koefisien permeabilitas sebesar 0,116 cm/detik, nilai stabilitas sebesar 579,30 kg dan *flow* sebesar 5,27 mm. KAO tersebut digunakan untuk membuat campuran dengan variasi material limbah masker dan RAP sehingga didapatkan persentasi penurunan dan peningkatan nilai koefisien permeabilitas, stabilitas, dan *flow*.



Gambar 2 Hasil Permeabilitas RAP dan Masker

Gambar 2, menunjukkan bertambahnya kadar RAP dan masker koefisien permeabilitas yang didapat semakin kecil. Pada kadar RAP 5% dan 10% telah memenuhi spesifikasi tetapi pada kadar RAP kadar 15% untuk masker kadar 1%, 1,5%, dan 2% koefisien permeabilitas kurang dari 0,1 cm/detik. Hal tersebut dapat terjadi karena seiring bertambahnya kadar RAP dan masker, rongga pada campuran terisi oleh aspal dan masker tersebut sehingga rongga pada campuran semakin kecil. Koefisien permeabilitas paling besar berada pada RAP kadar 5% sebesar 0,1151 cm/detik tetapi, nilainya lebih kecil daripada KAO. Hal tersebut terjadi karena adanya tambahan masker dan RAP menghasilkan rongga udara yang didapat semakin kecil sehingga air yang mengalir pada campuran membutuhkan waktu lebih lama.

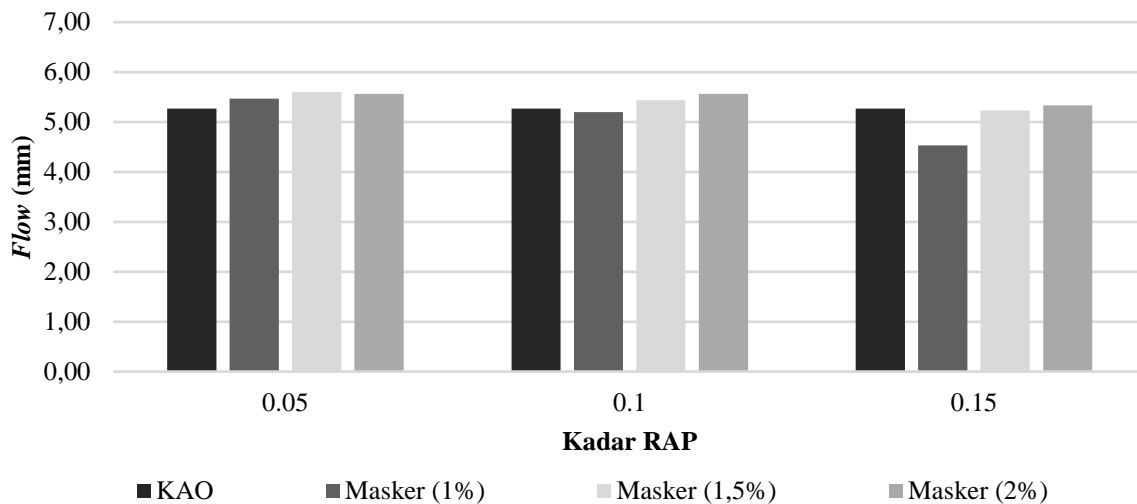


Gambar 3 Perbandingan Nilai Stabilitas Terhadap KAO dengan RAP

Gambar 3 menunjukkan bahwa seiring dengan bertambahnya kadar RAP dan masker, persentase nilai stabilitas mengalami peningkatan tetapi mengalami penurunan pada penambahan RAP sebesar 10% dan 15% dengan masker 1,5% dan 2%. Pada RAP kadar 5% nilai stabilitas lebih rendah dari KAO, hal tersebut dapat terjadi karena kandungan aspal pada RAP dapat mempengaruhi kadar aspal pada campuran menjadi lebih tinggi sehingga menurunkan nilai stabilitas. Pada RAP kadar 10% dan 15% untuk masker 1,5% dan 2% nilai stabilitas mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya kadar masker dan RAP, hal

tersebut dapat terjadi karena semakin bertambah kadar RAP maka jumlah RAP bertambah sama halnya, dengan masker seiring dengan penambahan kadar maka jumlah material pengikat semakin banyak sehingga menghasilkan campuran dengan kadar aspal yang tinggi. Penambahan masker mempengaruhi karena sifatnya sebagai bahan pengikat seperti aspal dan mampu mengisi rongga udara pada campuran. Walaupun pada RAP kadar 15% mengalami penurunan, peningkatan paling besar berada pada kadar tersebut sebesar 50,67%.

Sementara itu, terjadi penurunan nilai *flow* seiring bertambahnya kadar RAP dan masker namun dengan penambahan masker 1,5% dan 2% dengan RAP 5%, 10%, dan 15% nilai *flow* meningkat. Perubahan nilai *flow* terlihat pada Gambar 4. Hal tersebut dapat terjadi karena bertambahnya kadar RAP, maka kandungan aspal semakin sedikit akibatnya terjadi pengurangan berat aspal. Pengurangan berat aspal akan membuat campuran mempunyai kadar aspal lebih rendah. Nilai *flow* dapat meningkat, karena adanya penambahan limbah masker dan RAP sebagai bahan pengikat. Nilai *flow* yang semakin besar dapat menyebabkan campuran beraspal berpori mudah untuk mengalami perubahan bentuk akibat pembebanan.



Gambar 4 Perbandingan Nilai *Flow* Terhadap KAO dengan RAP

Hubungan antara stabilitas dengan *flow* berbanding terbalik dengan nilai stabilitas. Semakin besar stabilitas maka nilai *flow* yang didapatkan akan semakin kecil. Penurunan nilai *flow* paling besar berada pada kadar RAP kadar 15% sebesar 13,92%.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan limbah masker kadar 1% dan RAP kadar 10%, menurunkan koefisien permeabilitas sebesar 11,72% dengan nilai 0,1024 cm/detik. Sementara itu, untuk nilai stabilitas dengan penambahan limbah mengalami peningkatan 19,96% sebesar 694,90 kg. Sebaliknya terjadi penurunan nilai *flow* 1,27% sebesar 5,20 mm. Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penambahan variasi persentase masker dan RAP pada campuran beraspal berpori akan mempengaruhi koefisien permeabilitas, stabilitas, dan *flow*.

DAFTAR PUSTAKA

- Australian Asphalt Pavement Association. 2004. *National Asphalt Specification Second Edition*. Australia.
- Arif, S. 2018. *Alternatif Penggunaan Plastik Polyporpylene pada Campuran Aspal*. Jurnal CIVILLa, 3 (1): 140 - 144.
- Bethary, R. T., Subagio, B. S., & Rahman, H. (2018). Campuran Beraspal Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement dan Agregat Slag Baja Vol. 18 (2). *Jurnal Transportasi*, 117 - 126.
- Erita, C. A., Guswandi, dan Lizar. 2019. *Pengaruh Pencampuran Limbah Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Nilai Marshall Aspal Pori*. Jurnal Teknik Sipil dan Aplikasi, 1 (1): 1 - 8.
- Ismayalomi, S., Rahardjo, B., dan Pranoto. 2019. *Kajian Eksperimental Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) dan Asbuton LGA (Lawele Granular Asphalt) pada Campuran Aspal Porus*. Jurnal Bangunan, 24 (1): 1 - 14.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 Tentang Spesifikasi Umum 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Jakarta.
- KLHK. (2020). Retrieved from <https://wartapontianak.pikiran-rakyat.com>.
- Mayuni, S., Prabandiyani, dan Setiadji, B. H. 2020. *Penerapan Perkerasan Aspal Berpori di Indonesia*. Journal of Civil Engineering, 20 (2): 1 - 5.
- Nakanishi, H., Hamzah, M. O., Hasan, M. R. M., Karthigeyan, P., dan Shaur, O. 2019. *Mix Design and Application of Porous Asphalt Pavement Using Japanese Technology*. IOP Conference Series: Material Science dan Engineering, 512.
- National Asphalt Pavement Association. 2003. *Design, Construction and Maintenance Guide For Porous Asphalt Pavement*. United States.
- Nono. 2018. *Campuran Beraspal Panas Daur Ulang dengan Proporsi RAP Tinggi*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan.
- Putri, A. D., dan Yogie Risdianto. 2019. *Pemakaian Limbah Aspal sebagai Substitusi Agregat pada Campuran Aspal Porus*. Jurnal Rekayasa Teknik Sipil, 7 (2).
- Saberian, M., Li, J., Kilmartin-Lynch, S., dan Boroujeni, M. 2021. *Repurposing of Covid-19 Single-Use Face Masks for Pavement Base/ Subbase*. Science of the Total Environment, 1 - 8.
- Sembung, N. T., Sendow, T. K., & Palenewen, S. 2020. *Analisa Campuran Aspal Porus Menggunakan Material dari Kakaskaken Kecamatan Tomohon Utara Kota Tomohon*, 8 (3): 345 - 352.
- Yunianto, T. K. 2020. *Produksi 4,7 Miliar Masker/Tahun, Kemenperin Dorong Industri Ekspor*.