

PENGARUH SUBSTITUSI LIMBAH KACA TERHADAP TENSILE STRENGTH RATIO CAMPURAN BERASPAL ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE

Syaripin
Universitas Jember
Jln. Kalimantan Tegalboto No. 37
Jember, Jawa Timur 68121
syaripin.teknik@unej.ac.id

Latif Budi Suparma
MSTT DTSL FT UGM
Jln. Grafika No. 2,
Sleman, Yogyakarta 55281
lbsuparma@ugm.ac.id

Agus Taufik Mulyono
PUSTRAL UGM
Jln. Kemuning Blok M3
Sleman, Yogyakarta 55281
agus.taufik.mulyono@ugm.ac.id

Gholiql Amroth Alawy
Universitas Jember
Jln. Kalimantan Tegalboto No. 37
Jember, Jawa Timur 68121
gholi.teknik@unej.ac.id

Ahmad Farid Ardiansyah
Universitas Jember
Jln. Kalimantan Tegalboto No. 37
Jember, Jawa Timur 68121
Ahmadfarid.teknik@unej.ac.id

Rohmahillah Aviskanasya Septiandri
Universitas Jember
Jln. Kalimantan Tegalboto No. 37
Jember, Jawa Timur 68121
rohmahillah.teknik@unej.ac.id

Abstract

Hot asphalt mixtures require aggregate as the constituent material. In this study, the potential for glass waste to be used as an aggregate substitute is examined. For this reason, a mixture design was determined to obtain the Optimum Asphalt Content of the Asphalt Concrete-Binder Course mixtures using glass waste as a substitute for fine aggregate. The glass waste used is glass waste that passes through sieve No. 50 and retained on sieve No.100. The proportion of glass waste substitution is 0%, 25%, 50%, 75%, and 100% to the amount of fine aggregate in the mixture. The asphalt mixture in this study was made using the Marshall mixture design method. From this design, the Optimum Asphalt Content is obtained at 5.9% (0% glass waste), 5.4% (25% glass waste), 5.2% (50% glass waste), 5.1% (75% glass waste), and 4.9% (100% glass waste). Next, test specimens were made for Indirect Tensile Strength testing, and carried out for testing in dry and wet conditions, and the Tensile Strength Ratio of the test specimens was determined. The Tensile Strength Ratio of the asphalt mixture decreases with increasing proportion of glass waste and decreasing asphalt content. Overall, this research shows that glass waste can be used as a substitute for fine aggregate.

Keywords: hot mix asphalt; aggregate; glass waste; Marshall Method; Tensile Strength Ratio

Abstrak

Campuran beraspal panas memerlukan agregat sebagai material penyusunnya. Pada studi ini dikaji potensi limbah kaca untuk dimanfaatkan sebagai substitusi agregat. Untuk itu ditentukan rancangan campuran dengan untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum pada campuran beraspal jenis Asphalt Concrete-Binder Course dengan menggunakan limbah kaca sebagai substitusi agregat halus. Limbah kaca yang digunakan adalah limbah kaca yang lolos ayakan No. 50 dan tertahan ayakan No.100. Proporsi substitusi limbah kaca adalah 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100% terhadap jumlah agregat halus dalam campuran. Campuran beraspal pada studi ini dibuat dengan menggunakan metode perancangan campuran Marshall. Dari perancangan tersebut diperoleh Kadar Aspal Optimum sebesar 5,9% (limbah kaca 0%), 5,4% (limbah kaca 25%), 5,2% (limbah kaca 50%), 5,1% (limbah kaca 75%), dan 4,9% (limbah kaca 100%). Selanjutnya dibuat benda-benda uji untuk pengujian Indirect Tensile Strength, dan dilakukan untuk pengujian dengan kondisi telah dilakukan pengkondisian kering dan kondisi basah, serta ditentukan Tensile Strength Ratio benda-benda uji. Tensile Strength Ratio campuran beraspal mengecil dengan bertambahnya proporsi limbah kaca dan berkurangnya kadar aspal. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa limbah kaca dapat dimanfaatkan sebagai substitusi agregat halus.

Kata-kata kunci: campuran beraspal panas; agregat; limbah kaca; Metode Marshall; *Tensile Strength Ratio*

PENDAHULUAN

Transportasi merupakan barometer kemajuan suatu daerah atau suatu bangsa. Transportasi harus menunjang kegiatan masyarakat di daerah tersebut, sehingga diperlukan prasarana

transportasi, khususnya infrastruktur jalan, untuk menunjang, memperkuat, dan mendukung pengembangan ekonomi dan pelayanan mobilitas masyarakat (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020).

Jalan mempunyai peran utama untuk memenuhi kebutuhan masyarakat. Kebutuhan masyarakat akan transportasi ini harus seimbang dengan panjang jalan yang dibutuhkan. Untuk memenuhi kebutuhan masyarakat tersebut, diperlukan banyak bahan atau material untuk membangun perkerasan jalan. Ketersediaan material harus dapat mencukupi kebutuhan untuk membangun konstruksi perkerasan jalan.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), lapis beton aspal (Laston) adalah campuran antara aspal dan agregat yang bergradasi menerus, dengan ukuran agregat terdistribusi merata dalam setiap ukuran agregat. Sebagai campuran dengan agregat bergradasi menerus, dibutuhkan agregat yang bervariasi, dengan ukuran dan persentase berat yang lolos sesuai dengan spesifikasi yang digunakan, agar didapat agregat yang saling mengisi agar campuran beraspal rapat dan padat serta mempunyai *interlocking*.

Pengelolaan sampah sampai saat ini masih menjadi permasalahan dan pekerjaan rumah yang belum bisa terselesaikan (BPS Indonesia, 2018). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK), jumlah timbulan sampah pada tahun 2023 secara nasional sebesar 33.962.121,71 ton, sedangkan Limbah Kaca (LK) adalah 2,49% terhadap total jumlah timbulan sampah nasional. LK adalah limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) yang berbahaya dan tidak dapat terurai oleh alam. Penggunaan LK sebagai bahan substitusi agregat halus diharapkan dapat mengurangi permasalahan sampah nasional dan sebagai agregat alternatif yang dapat digunakan untuk campuran konstruksi perkerasan jalan. Menurut Gedik (2021), penggunaan LK sebagai pengganti *filler* dalam campuran *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) menghasilkan nilai stabilitas yang cenderung menurun dan nilai *flow* yang cenderung meningkat pada variasi LK 38%.

Pada penelitian ini dilakukan substitusi agregat halus yang lolos ayakan No. 50 dan tertahan ayakan No. 100 dengan menggunakan LK yang dihancurkan sampai memenuhi kebutuhan agregat halus yang dibutuhkan dalam campuran konstruksi perkerasan jalan. Keuntungan penggunaan LK sebagai agregat halus adalah dapat menurunkan biaya konstruksi, ramah lingkungan, dan tidak bergantung pada agregat yang berasal dari alam. Keuntungan pemanfaatan LK berupa: (1) lahan tempat pengelolaan sampah lebih terkontrol, (2) penghematan biaya angkut dan mengurangi anggaran pemerintah untuk menangani limbah tersebut, dan (3) alternatif agregat untuk pembangunan dapat lebih bervariasi.

Menurut Direktorat Jenderal Bina Marga (2018), terdapat 3 macam laston atau *Asphalt Concrete* (AC), yaitu AC-Lapis Atas (AC-WC), AC-Lapis Antara (AC-BC), dan AC-Lapis Fondasi (AC-Base). Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran, berturut-turut, adalah 19 mm (AC-WC) dengan tebal nominal minimum 4 cm, 25,4 mm (AC-BC) dengan tebal nominal minimum 6 cm, dan 37,5 mm (AC-Base) dengan tebal nominal minimum 7,5 cm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan aspal modifikasi disebut AC-WC Modifikasi, AC-BC Modifikasi, dan AC-Base Modifikasi.

Menurut Asphalt Institute (2014), agregat ialah mineral yang bersifat padat dan keras, yang digunakan untuk campuran beraspal panas, yang terdiri atas pasir, kerikil, batu pecah, slag, dan debu batu. Agregat merupakan bahan penyusun, dengan proporsi 90%-95% berdasarkan berat atau 75%–85% berdasarkan volume, campuran beraspal panas. Karena itu, agregat berfungsi sebagai pemikul beban pada perkerasan jalan. Sifat agregat yang menentukan kualitas agregat tersebut sebagai material campuran beraspal panas untuk perkerasan jalan adalah ukuran maksimum butiran, gradasi agregat, kekuatan, kekerasan, tingkat penyerapan atau porositas, kebersihan, bentuk partikel, tekstur permukaan, dan daya lekat terhadap aspal.

Agregat yang digunakan dalam pekerjaan jalan harus memenuhi semua ketentuan yang disyaratkan dalam Spesifikasi Bina Marga, seperti penyerapan air oleh agregat maksimum 2% untuk *Stone Mastic Asphalt* (SMA) dan 3% untuk jenis campuran lainnya. Agregat tidak boleh digunakan jika tidak memenuhi persyaratan dan belum mendapat persetujuan pihak terkait. Pemilihan sumber agregat harus memperhitungkan penyerapan aspal oleh agregat dan berat jenis agregat kasar dan halus tidak boleh berbeda lebih dari $0,2 \text{ g/cm}^3$ (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018).

Agregat dapat dibedakan menjadi 3 macam. Ketiga macam agregat tersebut adalah:

- 1) Agregat kasar; adalah agregat yang tertahan pada ayakan No. 4 (4,75 mm) dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.
- 2) Agregat halus; adalah agregat lolos ayakan No. 4 (4,75 mm) dan harus bersih, keras, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya.
- 3) Bahan pengisi (*filler*); merupakan bahan yang lolos ayakan No. 200 (0,075 mm) minimal 75% beratnya dan bersifat kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan.

Pertumbuhan ekonomi dan konsumsi yang terus meningkat memengaruhi dan menghasilkan limbah yang makin banyak (Salem et al, 2017). Salah satu hasil sisa industri dan masyarakat ialah LK, yang perlu dikelola dan dimanfaatkan kembali, supaya tidak mencemari lingkungan. LK merupakan jenis limbah B3 yang berbahaya dan tidak dapat terurai oleh alam (Direktorat Jenderal PSLB3, 2019). Menurut Neduri et al (2020), LK yang dijadikan sebagai bahan pengisi (*filler*) dengan persentase 0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%, dengan pengujian Marshall menunjukkan nilai stabilitas maksimal dan nilai *flow* yang terendah pada persentase 15% LK. Menurut Harrison et al (2020), LK yang sudah ditumbuk dapat didaur ulang melalui proses peleburan dengan temperatur tinggi, sekitar $1200 \text{ }^\circ\text{C}$ hingga $1400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Aspal ialah material berwarna coklat kehitaman yang berasal dari alam atau hasil pengolahan minyak bumi. Aspal juga disebut bitumen, yang merupakan bahan pengikat pada campuran perkerasan beraspal, yang digunakan sebagai lapis permukaan perkerasan lentur. Pada temperatur rendah aspal berbentuk padat sampai semi padat (Attamimi, 2020). Pada kondisi temperatur tinggi aspal akan menjadi lembek (cair) dan pada saat temperatur menurun atau rendah aspal akan kembali menjadi keras (padat) kembali, karena aspal merupakan material yang termoplastis. Fungsi aspal pada lapis perkerasan lentur adalah sebagai bahan

ikat antaragregat, sehingga membentuk campuran yang kompak dan meningkatkan kekuatan pada masing-masing agregat.

Tensile Strength Ratio (TSR) adalah perbandingan nilai *Indirect Tensile Strength* (ITS) benda uji yang *conditioned* atau direndam dengan nilai ITS benda uji yang *unconditioned* atau tidak direndam atau kering (BSN, 2015). Pengujian ITS adalah pengujian untuk mengetahui kemampuan lapis perkerasan menahan kuat tarik yang disebabkan oleh beban kendaraan yang berjalan. Hasil pengujian ITS dari Laboratorium dapat digunakan untuk mengetahui potensi retakan (*fatigue*) pada campuran beraspal (Tajudin dan Suparma, 2017a). Keretakan yang disebabkan oleh repetisi beban kendaraan menyebabkan adanya gaya tarik pada campuran perkerasan beraspal. Metode yang paling sesuai untuk mengetahui gaya tarik campuran beraspal adalah metode pengujian ITS di Laboratorium. Nilai-nilai kekuatan ITS tersebut dapat digunakan untuk mengevaluasi kualitas campuran beraspal.

Pengujian ITS dilakukan pada benda uji yang berbentuk silinder. Pembebanannya vertikal sejajar dengan diameter benda uji sampai titik batas kerusakan yang diindikasikan dengan terjadinya retak pada arah vertikal benda uji. Benda uji umumnya terbelah sepanjang bidang diameter, dan kerusakan ini menandai beban maksimum yang dapat ditahan oleh campuran, yang dapat mengindikasikan kuat tarik campuran beraspal (Tajudin dan Suparma, 2017b).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, karena dilakukan di laboratorium. Metode penelitian eksperimen diartikan sebagai metode penelitian yang digunakan untuk mencari pengaruh perilaku tertentu terhadap yang lain dalam kondisi terkendali. Metode ini dilakukan untuk mendapatkan data hasil pengujian di laboratorium. Data yang diperoleh, antara lain, adalah data propertis agregat, aspal, dan kadar aspal optimum. Data yang diperoleh tersebut digunakan untuk tahapan dan pembahasan pada penelitian ini.

Tahapan Penelitian

Tahap pertama pada studi ini adalah pemilihan bahan untuk campuran. Pada tahapan ini dilakukan beberapa pengujian terhadap bahan yang akan digunakan. Selanjutnya, bahan yang telah memenuhi persyaratan digunakan pada tahap berikutnya. Pada tahap ini juga dilakukan pengujian kandungan LK dan berat jenisnya.

Tahap berikutnya adalah perancangan campuran, yang meliputi: (1) perancangan benda uji, (2) pembuatan benda uji, dan (3) pengujian benda uji. Pengujian terhadap benda uji dilakukan sesuai dengan SNI 6753:2015.

Pemilihan Bahan Campuran

Pemilihan bahan-bahan untuk campuran meliputi pemilihan agregat dan pemilihan aspal. Bahan-bahan tersebut dipilih berdasarkan pemenuhan persyaratan teknis yang terdapat

pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Aspal yang digunakan adalah Aspal PG-76 produksi PT Shell Indonesia, yang didapat dari distributor resmi PT Buntaran Mega Inti yang berlokasi di Bekasi. Pada studi ini, bahan-bahan agregat diuji dan hasilnya menunjukkan bahwa bahan-bahan tersebut memenuhi spesifikasi.

Pengujian Limbah Kaca

Terhadap LK dilakukan pengujian untuk mengetahui zat kimia yang terkandung dalam LK. Pengujian dilakukan menggunakan metoda *Energy Dispersive X-Ray Fluorescence* (ED-XRF), yang merupakan teknik analisis sampel secara kualitatif dan kuantitatif berbasis teknologi sinar-X untuk membedakan unsur-unsur pada sampel berdasarkan energinya. Hasil pengujian LK dengan metoda ED-XRF dan hasil pengujian berat jenis LK ditunjukkan Tabel 1.

Tabel 1 Komponen LK

No.	Jenis Pengujian	Metode	Satuan	Hasil Uji
1	Oksigen (O)*	ED-XRF	%	38,43
2	Silikas (SiO ₂)	ED-XRF	%	53,93
3	Ferioksida (FeO ₃)	ED-XRF	%	0,456
4	Kalsium Oksida (CaO)	ED-XRF	%	7,005
5	Barium Oksida	ED-XRF	%	0,081
6	Berat Jenis	SNI 1970:2008	gr/cm ³	2,650

*Analyzed as balance (sebagai keseimbangan)

Tabel 2 Gradasi Target Campuran Beraspal AC-BC

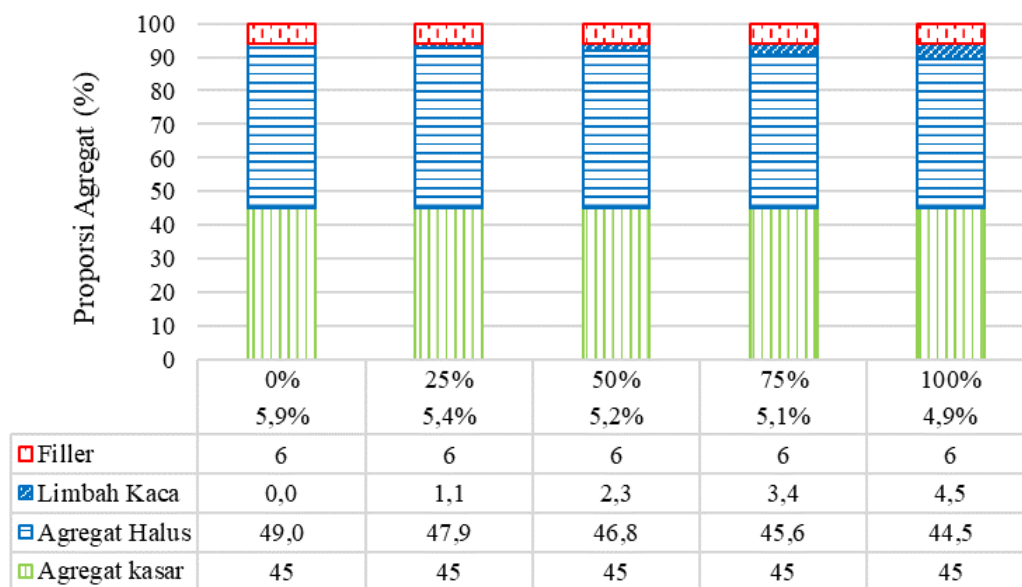
Ukuran Ayakan		% Berat Lolos (%)	
ASTM	mm	AC-BC	
		Spesifikasi	Target
1"	25	100	100
3/4	19	90–100	95
1/2	12,50	75–90	82,5
3/8	9,50	66–82	74
No. 4	4,75	46–64	55
No. 8	2,36	30–49	39,5
No. 16	1,18	18–38	28
No. 30	0,60	12–28	20
No. 50	0,30	7–20	13,5
No. 100	0,15	5–13	9
No. 200	0,075	4–8	6

Perancangan Campuran

Jenis campuran yang digunakan pada penelitian ini adalah campuran beraspal AC-BC. Gradasi target campuran didasarkan pada batas minimum dan batas maksimum amplop gradasi yang telah ditentukan dalam Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2. Tabel 2 menunjukkan gradasi target campuran yang digunakan pada penelitian ini.

Berdasarkan Tabel 2 diperoleh komposisi campuran agregat berdasarkan ukuran dan jenis agregat. Selanjutnya dapat ditentukan variasi kadar aspal. Variasi kadar aspal yang digunakan untuk perancangan campuran beraspal AC-BC adalah 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, dan 7,0%.

Perancangan gradasi agregat dapat dinyatakan dalam perbandingan terhadap berat atau perbandingan terhadap volume. Perbandingan terhadap berat dapat dilakukan jika selisih berat jenis agregat yang digunakan kurang dari $0,2 \text{ gr/cm}^3$ (Asphalt Institute, 2014). Pada penelitian ini digunakan perbandingan berat, karena berat jenis LK adalah $2,650 \text{ gr/cm}^3$, yang dengan berat jenis agregat halus (AH) sebesar $2,647 \text{ gr/cm}^3$, mempunyai selisih kurang dari $0,2 \text{ gr/cm}^3$. Proporsi LK untuk mengganti AH divariasikan dengan 0% LK (100% AH), 25% LK (75% AH), 50% LK (50% AH), 75% LK (25% AH), dan 100% LK (0% AH). Gambar 1 menunjukkan nilai KAO dan persentase LK untuk 5 (lima) variasi campuran yang digunakan.



Gambar 1 Proporsi Berat Setiap Bahan Campuran

Perancangan Campuran AC-BC Menggunakan Substitusi LK untuk Agregat Halus

Untuk pembuatan benda uji, agregat terpilih ditimbang berdasarkan gradasi target masing-masing jenis campuran. Agregat halus yang lolos ayakan No. 50 dan tertahan ayakan No. 100 diganti dengan LK dengan proporsi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Kemudian, agregat dan aspal dipanaskan sampai pada temperatur pencampuran. Setelah agregat dan aspal siap, dilakukan pencampuran pada temperatur pencampuran yang telah ditetapkan. Selanjutnya, dilakukan pemadatan di dalam wadah (*mould*) dengan temperatur pemadatan tertentu dan dengan energi pemadatan yang sesuai dengan persyaratan. Setelah *mould* dingin, benda uji dikeluarkan dan diperoleh benda uji padat. Benda uji padat, yang berupa silinder, selanjutnya diukur tinggi dan diameternya serta dilakukan penimbangan pada kondisi kering, di dalam air, dan pada kondisi *Saturated Surface Dry* (SSD). Penimbangan dilakukan agar hasilnya dapat dipakai sebagai dasar perhitungan *volumetric characteristics* campuran, yaitu *bulk specific gravity of mix* (Gmb), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void in the Mix* (VITM), dan *Void Filled with Asphalt* (VFWA).

Tahap selanjutnya adalah pengujian mekanis benda uji menggunakan metode Marshall. Pengujian Marshall ini dimaksudkan untuk memperoleh karakteristik mekanis campuran, berupa parameter-parameter stabilitas (*Marshall Stability-MS*), kelelahan (*Marshall Flow-MF*), dan *Marshall Quotient (MQ)*. Berdasarkan parameter yang diperoleh dari *volumetric characteristic* dan *mechanical characteristic* untuk masing-masing kadar aspal masing-masing jenis campuran, Kadar Aspal Optimum dapat ditentukan dengan menggunakan metode *narrow range*.

Selanjutnya dilakukan pengujian ITS untuk mencari nilai *Tensile Strength Ratio (TSR)*. Nilai TSR didapat dari pengujian ITS yang *conditioned* (direndam) dibandingkan dengan hasil pengujian ITS yang *unconditioned* (tidak direndam atau kering). Beban yang diberikan pada proses uji ITS ini berupa strip (*loading strip*) dari bahan baja selebar 12,7 mm (0,5 inch) dengan laju 51 mm/menit (2 inch/menit). Nilai ITS ditentukan dengan menggunakan Persamaan (1) dan nilai TSR ditentukan dengan menggunakan Persamaan (2).

$$ITS = \frac{2000 \times P_{maks}}{\pi \times t \times d} \quad (1)$$

dengan:

ITS = kekuatan tarik tidak langsung (kPa);

P_{maks} = beban maksimum yang diterapkan (kg);

t = tinggi rata-rata benda uji (mm);

d = diameter benda uji (mm).

$$SR = \frac{ITS_2}{ITS_1} \times 100\% \quad (2)$$

dengan:

TSR = *Tensile Strength Ratio* (%);

ITS1 = nilai rata-rata ITS *Unconditioned* (kering) (kPa);

ITS2 = nilai rata-rata ITS *Conditioned* (direndam) (kPa).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian *Indirect Tensile Strength*

Pengujian ITS dilakukan untuk mencari *Tensile Strength Ratio (TSR)*. Hasil pengujian ITS untuk kedua kondisi *conditioned* (direndam) dan *unconditioned* (kering) ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2.

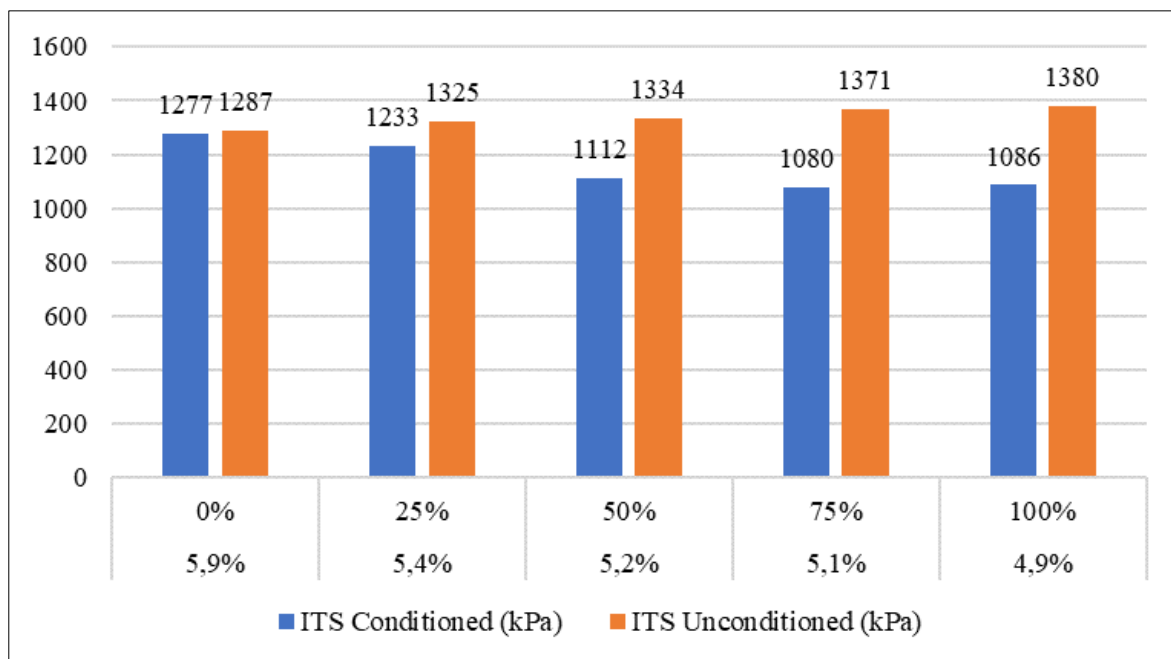
Pembahasan *Indirect Tensile Strength*

Pada Gambar 2 terlihat bahwa nilai ITS *conditioned* turun ketika persentase LK bertambah dan berkurangnya kadar aspal pada benda uji. Hal ini disebabkan sifat kaca yang tidak menyerap aspal (absorpsi 0%), menurunnya sifat adhesi atau kerekatan aspal dengan

agregat, dan berkurangnya sifat kohesi aspal untuk mempertahankan agregat pada tempatnya setelah terjadi pengikatan akibat pengaruh air pada kondisi perendaman. Sedangkan nilai ITS *unconditioned* naik dengan bertambahnya persentase LK dan berkurangnya kadar aspal pada benda uji. Hal ini menunjukkan bahwa LK dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat halus.

Tabel 3 Hasil Pengujian ITS dengan Alat Marshall

Jenis Pengujian	Persentase Limbah Kaca (%)					Satuan
	0	25	50	75	100	
	Kadar Aspal Optimum (%)					
	5,90	5,4	5,2	5,1	4,9	
<i>Indirect Tensile Strength (ITS)</i>						
<i>Conditioned</i>	1277	1233	1112	1080	1086	kPa
<i>Unconditioned</i>	1287	1325	1334	1371	1380	kPa
<i>Tensile Strength Ratio (TSR)</i>	99,2	93,1	83,4	78,8	78,7	%



Gambar 2 Hubungan Kondisi Benda Uji

Nilai TSR pada campuran semakin kecil dengan semakin bertambahnya persentase LK dan semakin berkurangnya kadar aspal pada benda uji. Hal ini disebabkan sifat kaca yang tidak menyerap aspal, menurunnya sifat adhesi atau kerekatan aspal dengan agregat, dan berkurangnya sifat kohesi aspal untuk mempertahankan agregat pada tempatnya setelah terjadi pengikatan akibat pengaruh air pada kondisi perendaman, sehingga kuat tarik campuran beraspal berkurang. Kondisi tersebut dapat mengakibatkan kerusakan pada campuran beraspal, seperti pelepasan butiran (*raveling*), bergelombang atau keriting (*corrugation*), sengkuk (*shoving*), retak (*cracking*), dan lubang (*potholes*).

KESIMPULAN

Pada penelitian ini dilakukan pemeriksaan terhadap limbah kaca (LK) yang digunakan sebagai bahan substitusi agregat halus dalam campuran beraspal AC-BC. Penggunaan LK diharapkan dapat mengurangi permasalahan sampah nasional dan sebagai agregat alternatif yang dapat digunakan untuk campuran konstruksi perkerasan jalan.

Dari hasil pengujian yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan berikut:

- 1) Dari hasil perhitungan *volumetric characteristics* dan *mechanical characteristics* untuk masing-masing variasi kadar aspal, diperoleh nilai KAO 5,9% pada LK 0%; 5,4% pada LK 25%; 5,2% pada LK 50%; 5,1% pada LK 75%; dan 4,9% pada LK 100%.
- 2) Nilai Tensile Strength Ratio (TSR) pada campuran beraspal semakin kecil dengan bertambahnya persentase LK dan semakin berkurangnya kadar aspal pada benda uji.
- 3) Campuran beraspal yang tidak memenuhi persyaratan minimum nilai TSR (80%) berpotensi mengakibatkan kerusakan pada perkerasan jalan, seperti pelepasan butiran (*raveling*), bergelombang atau keriting (*corrugation*), sungkur (*shoving*), retak (*cracking*), dan lubang (*potholes*).

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. 2014. *MS-2 Asphalt Mix Design Methods*. Lexington, KY.
- Attamimi, A. 2020. *Analisis Pemanfaatan Batu Pecah Lokal Kabupaten Fakfak sebagai Material Campuran AC-WC*. Tesis tidak diterbitkan. Program Pascasarjana, Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. 2018. *Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2020*. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2015. *Cara Uji Ketahanan Campuran Beraspal Panas Terhadap Kerusakan Akibat Rendaman*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018. *Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2*. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Membangun Jaringan Jalan untuk Konektivitas*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Pengelolaan Sampah, Limbah, dan Bahan Berbahaya dan Beracun (PSLB3). 2019. *Pengelolaan Sampah, Limbah, dan B3*. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Gedik, A. 2021. *An Exploration into The Utilization of Recycled Waste Glass as A Surrogate Powder to Crushed Stone Dust in Asphalt Pavement Construction*. *Construction and Building Materials*, 300: 123980.
- Harrison, E., Berenjian, A., dan Seifan, M. 2020. *Recycling of Waste Glass as Aggregate in Cement-Based Materials*. *Environmental Science and Ecotechnology*, 4: 1–8.

- Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK). 2023. *Komposisi Sampah Berdasarkan Jenis Sampah*. (Online), (<https://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/komposisi>), diakses 5 Agustus 2024).
- Neduri, P., Sahithi, G., Golla, S.Y., Preethi, S., Ramya, G., dan Anuhya, D. 2021. *Strength Evaluation of Glass Powder Impregnated Asphalt Mix*. *Materials Today Proceedings* 2021 (39): 771–775.
- Salem, Z.T.A., Khedawi, T.S., Baker, M.B., dan Abendeh, R. 2017. *Effect of Waste Glass on Properties of Asphalt Concrete Mixtures*. *Jordan Journal of Civil Engineering*, 11 (1): 117–131.
- Tajudin, A.N. dan Suparma, L.B. 2017a. *Analisis Indeks Stabilitas Sisa pada Campuran Asphalt Concrete dengan Penggunaan Limbah Plastik sebagai Agregat Pengganti*. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran dan Ilmu Kesehatan*, 1 (1): 272–280.
- Tajudin, A.N. dan Suparma, L.B. 2017b. *Pengaruh Rendaman pada Indirect Tensile Strength Campuran AC-BC dengan Limbah Plastik sebagai Agregat Pengganti*. *Media Komunikasi Teknik Sipil*, 23 (2):166–173.