

**PENGARUH KARAKTERISTIK AGREGAT TERHADAP NILAI
INDIRECT TENSILE STRENGTH PADA CAMPURAN LASTON**
Effect of Aggregate Characteristics on Indirect Tensile Strength of Asphalt Concrete

**Ratna Yuniarti*, Desi Widianty*, Hasyim*, Made Mahendra*, I Dewa Made Alit Karyawan*,
Fera Fitri Salsabila***

***Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Mataram, Jl Majapahit 62 Mataram
Email : ratna_yuniarti@unram.ac.id, widiantydesi@unram.ac.id, hasyim_husien@unram.ac.id,
mahendramade@gmail.com, dewa19.66@gmail.com, salsabilafe@unram.ac.id**

Manuscript received: 18 Februari 2023

Accepted: 10 Maret 2023

Abstrak

Pada konstruksi perkerasan jalan, agregat mempunyai proporsi yang sangat besar yaitu sekitar 90% terhadap berat campuran beraspal. Agregat harus memenuhi kriteria sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan karena kinerja konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari karakteristik agregat yang digunakan. Tujuan dari tulisan ini adalah untuk menelaah hubungan antara karakteristik agregat terhadap nilai indirect tensile strength pada lapis aspal beton (laston). Agregat kasar yang digunakan dibedakan berdasarkan nilai aggregate impact value (AIV) serta variasi proporsi bentuk kubus dan pipih. Kajian karakteristik agregat tersebut meliputi berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, berat jenis efektif, penyerapan air dan tingkat kekerasan agregat. Berdasarkan analisa yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa peningkatan nilai berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan berat jenis efektif berdampak pada peningkatan nilai indirect tensile strength. Pada penyerapan air dengan rentang 1.80-3.11%, kemampuan campuran untuk menahan beban tarik semakin rendah seiring dengan semakin besarnya penyerapan air tersebut. Pada seluruh jenis dan komposisi agregat yang diujikan, semakin rendah tingkat keausan agregat menghasilkan nilai indirect tensile strength yang semakin tinggi. Secara umum karakteristik agregat berpengaruh kuat terhadap nilai indirect tensile strength.

Kata kunci : Agregat, Aspal, Laston, Indirect tensile strength.

PENDAHULUAN

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan karena memiliki proporsi yang sangat besar yaitu lebih dari 90% berdasarkan berat campuran (Sukirman, 2016). Besarnya proporsi agregat ini mempengaruhi kinerja lapisan perkerasan seperti daya dukung, ketahanan terhadap keretakan, keawetan terhadap pengaruh temperatur, dan lain-lain. Agar lapis perkerasan jalan dapat berfungsi dengan baik, agregat sebagai komponen bahan perkerasan jalan harus memenuhi kriteria sesuai dengan persyaratan yang telah ditentukan.

Salah satu jenis campuran aspal-agregat yang digunakan pada struktur perkerasan jalan raya adalah lapis aspal beton (laston). Laston didefinisikan sebagai lapisan pada konstruksi perkerasan jalan yang terdiri dari gabungan agregat kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) bergradasi menerus dan aspal sebagai pengikat kemudian dicampur, digelar dan dipadatkan secara panas pada suhu tertentu (*hot mix*). Karakteristik yang harus dimiliki oleh campuran laston antara lain adalah kemampuan memikul pembebanan. Hal tersebut dapat diperoleh dari terjadinya daya ikat yang baik antara agregat dan aspal.

Daya ikat yang kuat antara agregat dan aspal sangat tergantung dari tekstur permukaan agregat. Tekstur permukaan agregat yang berpori dibutuhkan untuk menyerap aspal masuk ke dalam agregat sehingga dihasilkan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat tersebut. Namun demikian, tekstur

permukaan agregat yang terlalu banyak memiliki pori umumnya mempunyai tingkat kekerasan yang rendah sehingga mudah pecah dan tidak kuat memikul pembebanan.

Pemeriksaan tekstur permukaan agregat terkait pori-pori dapat dilakukan melalui banyaknya air yang terabsorpsi oleh agregat. Agregat yang mudah diresapi air umumnya tidak mudah dilekati aspal sehingga ikatan antara aspal dan agregat mudah lepas. Besarnya bagian butiran agregat yang dapat diresapi aspal maupun yang dapat diresapi air akan menentukan berat jenis dari agregat tersebut. Di samping tekstur permukaan, tingkat kekerasan agregat juga menentukan kinerja campuran perkerasan dalam memikul pembebanan. Semakin tinggi tingkat kekerasan agregat, semakin tidak mudah terjadi degradasi sehingga lebih mampu melayani beban lalu lintas selama umur yang sudah direncanakan.

Permasalahan pada konstruksi perkerasan jalan antara lain adalah terjadinya kerusakan dini sebelum tercapainya umur layanan jalan tersebut. Berbagai faktor dapat menjadi penyebab kerusakan perkerasan jalan seperti kualitas agregat, kualitas aspal, proses pencampuran, dan lain-lain (Adlinge and Gupta, 2013). Karakteristik agregat seperti tekstur permukaan, penyerapan aspal dan tingkat keausan adalah sifat-sifat agregat yang tidak bisa direkayasa karena sudah melekat sebagaimana keberadaan agregat itu sendiri (Waani, 2013). Sifat-sifat ini akan sangat menentukan kinerja campuran konstruksi perkerasan jalan. Salah satu tolok ukur kinerja campuran perkerasan dapat dilakukan melalui uji *indirect tensile strength* (ITS). Dari hasil uji ITS, dapat diketahui tegangan maksimum dari campuran untuk menerima beban tarik.

Mengingat kualitas agregat merupakan indikator dan memegang peranan penting dalam menentukan kinerja perkerasan, tulisan ini bertujuan mengkaji hubungan antara karakteristik agregat dengan nilai *indirect tensile strength*. Karakteristik agregat yang dikaji adalah berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu, berat jenis efektif, penyerapan air dan tingkat kekerasan agregat.

TINJAUAN PUSTAKA

Berat jenis bulk adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat dalam keadaan kering dari seluruh volume agregat. Adapun berat jenis kering permukaan jenuh adalah berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan atau dengan kata lain adalah berat agregat kering ditambah dengan berat air yang dapat meresap ke dalam pori agregat. Berat jenis semu adalah berat jenis agregat yang kedap air (tidak termasuk pori-pori permeabel dalam agregat) sedangkan berat jenis efektif adalah berat jenis yang memperhitungkan volume partikel agregat ditambah volume rongga yang terisi air selama periode perendaman dikurangi volume rongga yang menyerap aspal. Berat jenis efektif agregat kasar diasumsikan sama dengan nilai rata-rata dari berat jenis bulk dan berat jenis semu (Sukirman, 2016). Berat jenis komponen agregat yang akan mempengaruhi sifat volumetrik dalam campuran beraspal antara lain volume rongga dan ketebalan selimut aspal (Brown *et al.*, 2004).

Studi terkait pengaruh air terhadap kinerja campuran beraspal telah dilakukan sejumlah peneliti (Almeida *et al.*, 2018; Saevarsdottira and Erlingsson, 2013; Ekblad, 2007; Lekarp *et al.*, 2000a, 2000b; Salour and Erlingsson, 2013). Air tidak hanya mempengaruhi lapisan permukaan tetapi juga campuran aspal dalam struktur perkerasan. Efek ini umumnya terjadi melalui infiltrasi air karena adanya volume

rongga pada campuran. Kerusakan akibat air berlanjut dengan pengupasan dan *rutting* melalui air yang mengalir atau menggenang. Jika sistem drainase jalan tidak memadai, kerusakan jalan dapat berdampak signifikan terutama ketika musim penghujan.

Agregat harus tahan terhadap abrasi untuk mencegah penghancuran, degradasi, dan disintegrasi saat ditimbun pada pabrik pencampur aspal, dihamparkan, dipadatkan dan selama memikul beban lalu lintas. Agregat yang tidak memiliki ketangguhan dan ketahanan abrasi yang memadai dapat menyebabkan permasalahan, antara lain air dapat menembus partikel agregat jika terjadi degradasi campuran selama pelaksanaan konstruksi. Partikel agregat yang lemah dan mudah pecah membuat air mudah meresap. Air juga dapat masuk jika campuran mengalami pengupasan. Oleh karena itu, penggunaan agregat yang kuat sangat penting untuk menjaga keutuhan campuran selama masa pelayanan konstruksi jalan (Wu *et al.*, 1998).

Ditinjau dari bentuknya, agregat dapat berbentuk kubus, bulat, lonjong atau pipih. Agregat berbentuk kubus umumnya diperoleh dari mesin pemecah batu dan mempunyai bidang kontak yang lebih luas sehingga menghasilkan sifat saling kunci yang lebih baik di antara partikel-partikel agregat tersebut. Dalam suatu fraksi agregat, gabungan dari bentuk partikel agregat berpengaruh terhadap kinerja campuran yang bersangkutan (Chen *et al.*, 2005).

Pengujian *indirect tensile strength* merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk memprediksi terjadinya deformasi permanen pada campuran perkerasan. Secara khusus, penelitian terkait dengan pengaruh karakteristik agregat terhadap nilai *indirect tensile strength* dilakukan oleh Singh *et.al* (2013) yang membandingkan 3 (tiga) tipe agregat yaitu marble, granite dan quartzite. Hasil pengujian yang dilakukan menyimpulkan bahwa marble menghasilkan nilai *indirect tensile strength* tertinggi, disusul oleh granite dan quartzite.

Farid (2017) menyimpulkan bahwa ukuran maksimum agregat yang digunakan pada campuran berpengaruh terhadap nilai *indirect tensile strength*. Gradasi dengan ukuran maksimum agregat 19 mm menghasilkan nilai ITS lebih rendah dibandingkan dengan campuran yang menggunakan agregat berukuran maksimum 25 mm. Hal tersebut disebabkan agregat berukuran maksimum 19 mm menghasilkan luas permukaan terselimuti aspal lebih besar. Dengan jumlah atau kadar aspal yang sama, menghasilkan ketebalan selimut aspal (*bitumen film thickness*) lebih tipis dan rongga dalam campuran yang terbentuk lebih besar sehingga mengurangi kemampuan campuran tersebut dalam menerima pembebanan.

METODE PENELITIAN

Kajian mengenai hubungan karakteristik agregat dengan nilai *indirect tensile strength* menggunakan hasil penelitian Ihsan (2017) dan Jody (2017). Penelitian tersebut dilakukan di Laboratorium Transportasi dan Jalan Raya Fakultas Teknik Universitas Mataram.

Agregat kasar, agregat halus dan *filler* diambil dari pabrik pencampur aspal di Pringgabaya, Lombok Timur. Agregat kasar yang digunakan terdiri dari 5 (lima) jenis yang dibedakan berdasarkan nilai *aggregate impact value* (Ihsan, 2017) sedangkan Jody (2017) menggunakan agregat kasar yang berbentuk kubus dan pipih dengan 5 (lima) macam komposisi yaitu 100:0, 90:10, 80:20, 70:30 dan 60:40. Pengujian dilakukan berdasarkan prosedur Standar Nasional Indonesia (SNI). Campuran laston

dibuat secara panas (*hot mix*) pada suhu 155°C. Pada proses pemadatan, digunakan pemadat Marshall dengan tumbukan sebanyak 75 kali pada masing-masing sisinya. Selanjutnya uji *indirect tensile strength* dilakukan 3 (tiga) kali ulangan pada kadar aspal optimum 6% dan ditampilkan nilai rata-rata dari ketiga *specimen* tersebut.

Adapun nilai *indirect tensile strength* dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$ITS = \frac{2 \cdot P_{maks}}{\pi \cdot t \cdot d}$$

dengan: ITS = *indirect tensile strength* (kPa), P = beban maksimum (kN), t = tebal benda uji campuran beraspal (cm), d = diameter benda uji campuran aspal (cm).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengujian aspal, agregat kasar, agregat halus dan *filler* serta nilai *indirect tensile strength* disajikan pada Tabel 1 - Tabel 5.

Tabel 1. Hasil pengujian aspal

Pengujian	Hasil pengujian ^{*)}	Persyaratan ^{**)}
Penetrasi (25°C, 5 detik, 0.1 mm)	66.1	60-70
Titik lembek (°C)	43	≥48
Titik nyala (°C)	>300	≥232
Daktilitas (cm)	131.2	≥100
Berat jenis	1.05	≥1.00
Kehilangan berat (%)	0.64	≤0.8

Sumber: *) Ihsan, 2017; Jody, 2017

**) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013

Tabel 2. Hasil uji agregat kasar (Ihsan, 2017)

Pengujian	I	II	III	IV	V	Persyaratan ^{*)}
Berat jenis bulk	2.73	2.61	2.56	2.52	2.41	Min. 2.5
Berat jenis kering permukaan jenuh	2.78	2.66	2.62	2.59	2.49	Min. 2.5
Berat jenis semu	2.88	2.74	2.74	2.71	2.61	Min. 2.5
Berat jenis efektif	2.81	2.68	2.65	2.62	2.51	Min. 2.5
Penyerapan air (%)	1.80	1.80	2.61	2.88	3.11	Maks. 3
Keausan <i>impact</i> (%)	20.95	25.43	29.77	35.20	40.36	Maks. 30

Sumber: *) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013

Tabel 3. Hasil uji agregat kasar (Jody, 2017)

Pengujian	I	II	III	IV	V	Persyaratan ^{*)}
Berat jenis bulk	2.66	2.66	2.66	2.66	2.66	Min. 2.5
Berat jenis kering permukaan jenuh	2.700	2.698	2.696	2.694	2.692	Min. 2.5
Berat jenis semu	2.790	2.784	2.778	2.772	2.766	Min. 2.5
Berat jenis efektif	2.725	2.721	2.718	2.714	2.711	Min. 2.5
Penyerapan air (%)	1.73	1.64	1.55	1.48	1.41	Maks. 3
Keausan <i>impact</i> (%)	8.42	8.58	8.75	8.93	9.11	Maks. 30

Sumber: *) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013

Tabel 4. Hasil pengujian agregat halus dan *filler*

Pengujian	Agregat halus ^{*)}	<i>Filler</i> ^{*)}	Persyaratan ^{**)}
Berat jenis bulk	2.64	2.55	Min. 2.5
Berat jenis kering permukaan jenuh	2.71	2.56	Min. 2.5
Berat jenis semu	2.84	2.56	Min. 2.5
Berat jenis efektif	2.74	2.56	Min. 2.5
Penyerapan terhadap air (%)	2.67	0.14	Maks. 3

Sumber: *) Ihsan, 2017; Jody, 2017

**) Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013

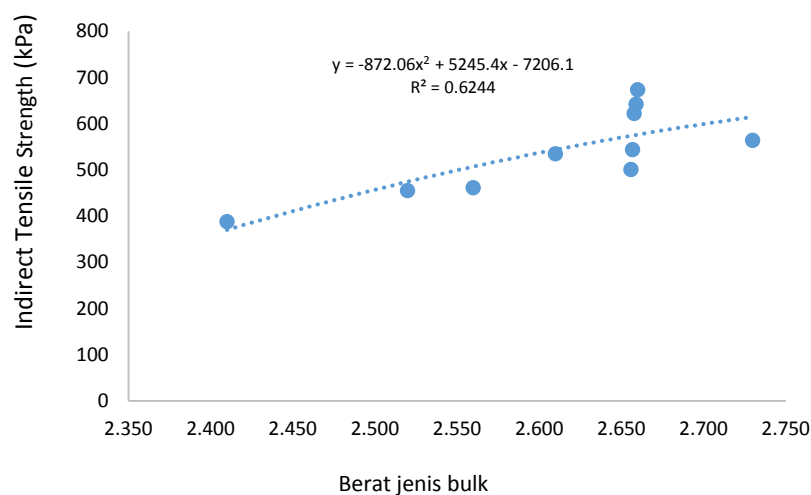
Tabel 5. Hasil uji *indirect tensile strength*

Pengujian berdasarkan nilai agregat impact value		Indirect Tensile Strength (kPa) ^{*)}	Pengujian berdasarkan perbandingan agregat kubus dan pipih		Indirect Tensile Strength (kPa) ^{**)}
I	AIV ≈ 20%	564	I	100:0	673
II	AIV ≈ 25%	535	II	90:10	642
III	AIV ≈ 30%	461	III	80:20	622
IV	AIV ≈ 35%	455	IV	70:30	544
V	AIV ≈ 40%	388	V	60:40	501

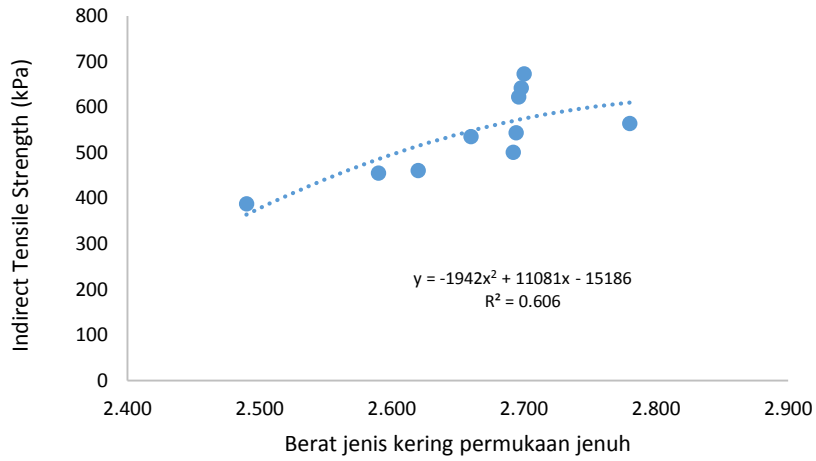
Sumber: *) Ihsan, 2017
 **) Jody, 2017

Berdasarkan Tabel 1, hasil uji penetrasi yang diukur dengan masuknya jarum penetrasi adalah 66.1 dmm. Adapun titik lembek adalah suhu pada saat aspal dalam cincin yang diletakkan dalam air/gliserin menjadi lembek ketika bola baja dengan berat 3.5 gr menyentuh plat dasar yang berjarak 25.4 mm di bawah cincin. Uji daktilitas dilakukan untuk mengetahui kelenturan aspal sedangkan titik nyala adalah pengujian untuk mengetahui temperatur ketika aspal menyala yang merupakan persyaratan keselamatan pekerjaan di pabrik pencampur aspal. Hasil pengujian menunjukkan bahwa titik nyala aspal berada pada temperatur >300°C, sehingga aman digunakan pada proses pencampuran panas pada suhu 155°C. Berat jenis aspal adalah rasio antara berat aspal dan berat air suling dengan volume yang sama pada suhu 25°C. Pengujian kehilangan berat digunakan untuk mengukur fraksi-fraksi aspal yang menguap akibat pemanasan di mana aspal yang baik memiliki sedikit unsur yang hilang bila dipanaskan pada suhu tinggi. Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa parameter yang diujikan memenuhi persyaratan kecuali nilai titik lembek.

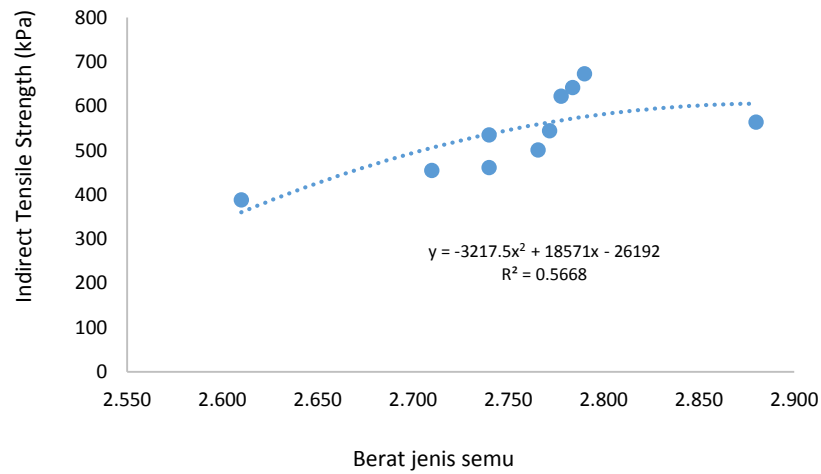
Berdasarkan Tabel 2 sampai dengan Tabel 4, agregat kasar, agregat halus dan filler yang digunakan memenuhi persyaratan yang ditentukan, kecuali nilai *aggregate impact value* (AIV) sebesar 35.2% dan 40.36% untuk mengetahui dampak dari nilai AIV tersebut terhadap kinerja campuran laston. Adapun hubungan antara karakteristik agregat dan nilai *indirect tensile strength* disajikan pada Gambar 1 sampai dengan Gambar 6.



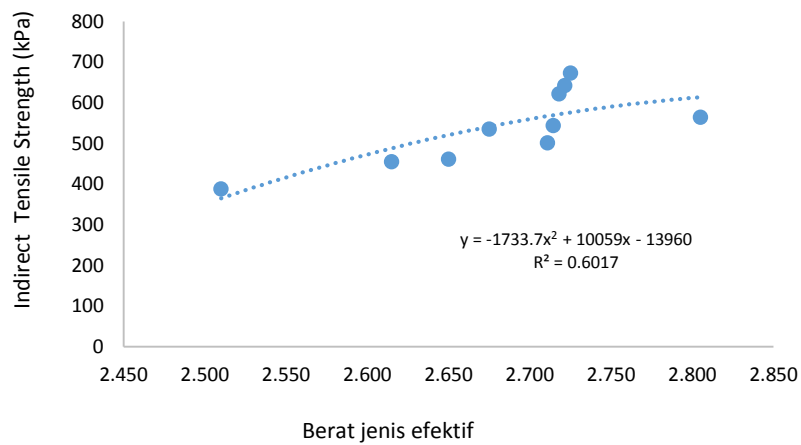
Gambar 1. Grafik hubungan berat jenis bulk dan *indirect tensile strength*



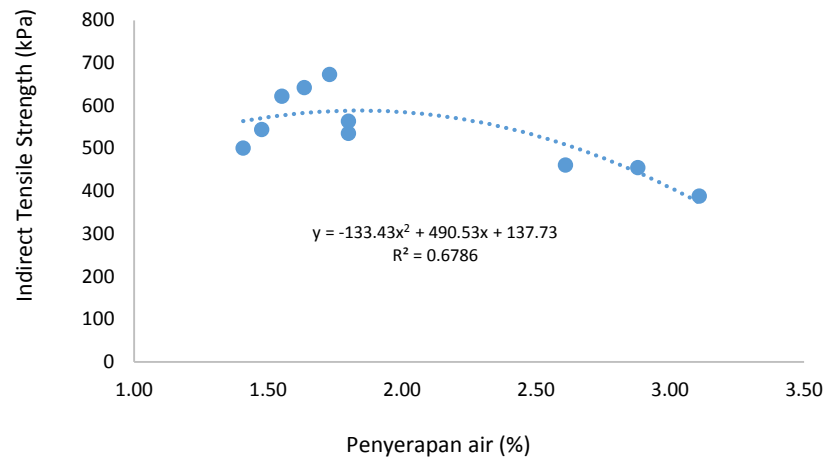
Gambar 2. Grafik hubungan berat jenis kering permukaan jenuh dan *indirect tensile strength*



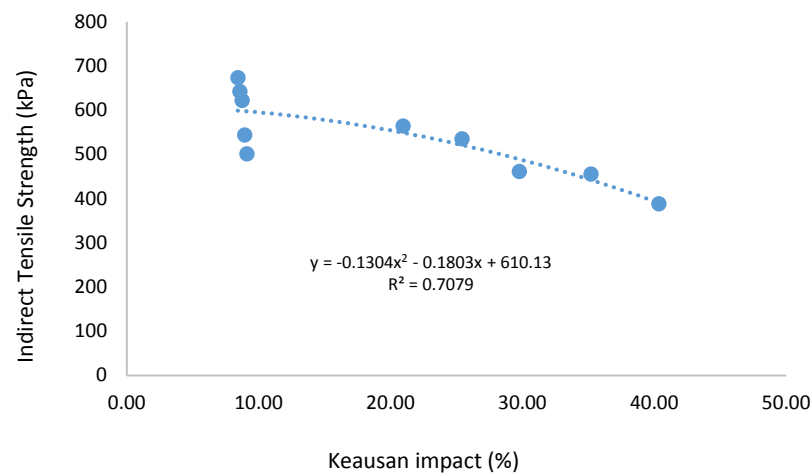
Gambar 3. Grafik hubungan berat jenis semu dan *indirect tensile strength*



Gambar 4. Grafik hubungan berat jenis efektif dan *indirect tensile strength*



Gambar 5. Grafik hubungan penyerapan air dan *indirect tensile strength*



Gambar 6. Grafik hubungan keausan *impact* dan *indirect tensile strength*

Gambar 1 menunjukkan hubungan antara berat jenis bulk dari agregat dengan nilai *indirect tensile strength*. Dari gambar tersebut terlihat bahwa kemampuan campuran laston untuk menahan beban tarik semakin besar seiring dengan penambahan berat jenis bulk. Pengukuran berat jenis bulk meliputi volume keseluruhan agregat termasuk rongga yang permeabel terhadap air. Pada agregat dengan berat jenis bulk yang lebih besar, bagian agregat yang permeabel terhadap air lebih kecil sehingga mempengaruhi jumlah aspal yang diserap oleh agregat. Penyerapan aspal oleh agregat mempengaruhi sifat volumetrik campuran dan ketebalan selimut aspal yang terbentuk sebagaimana yang dikemukakan oleh Brown *et al.*, (2004). Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 5, agregat yang memiliki nilai *aggregate impact value* (AIV) kecil cenderung memiliki mempunyai berat jenis bulk yang lebih besar. Dengan volume yang sama, agregat yang lebih berat memiliki kepadatan lebih tinggi sehingga lebih mampu menahan pembebanan tersebut. Berdasarkan Gambar 1, nilai $R^2 = 0.6244$ atau $R = 0.889$ sehingga hubungan antara berat jenis bulk dan *indirect tensile strength* memiliki korelasi yang kuat.

Hubungan antara berat jenis kering permukaan jenuh dengan nilai *indirect tensile strength* disajikan pada Gambar 2. Untuk menentukan berat jenis kering permukaan jenuh, pengukuran yang dilakukan mencakup berat partikel agregat serta air di dalam rongga yang dapat ditembus air. Hal ini menyebabkan nilai berat jenis kering permukaan jenuh lebih besar dibandingkan dengan berat jenis bulk. Dari Gambar 2 terlihat bahwa semakin besar berat jenis kering permukaan jenuh, maka

kemampuan campuran laston untuk menerima pembebanan menjadi semakin tinggi. Pada Gambar 2, terlihat bahwa nilai $R^2 = 0.606$ yang berarti bahwa 60.6% nilai *indirect tensile strength* disebabkan oleh faktor berat jenis kering permukaan jenuh sedangkan 39.4% disebabkan oleh faktor-faktor lainnya.

Selain itu, tingkat kekerasan agregat serta komposisi bentuk agregat kubus dan pipih berpengaruh pula terhadap nilai *indirect tensile strength* tersebut. Pada campuran agregat-aspal yang telah dipadatkan, partikel agregat yang berbentuk kubus menghasilkan sifat *interlocking* lebih besar sehingga stabilitasnya lebih tinggi dalam menerima pembebanan. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang dilaporkan oleh Chen *et al.*, (2005) bahwa agregat yang berbentuk kubus menghasilkan ketahanan terbaik terhadap deformasi permanen. Adapun agregat yang berbentuk pipih atau lonjong lebih mudah pecah sehingga menghasilkan daya tahan lebih rendah ketika menerima pembebanan.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara berat jenis semu pada agregat dengan nilai *indirect tensile strength*. Penentuan berat jenis semu dilakukan melalui pengukuran berat partikel agregat padat dibandingkan dengan berat air pada volume yang sama. Berdasarkan Gambar 3, terlihat bahwa semakin besar berat jenis semu agregat, maka nilai *indirect tensile strength* semakin tinggi. Karena berat jenis semu diperoleh melalui pengukuran bagian agregat yang padat, maka semakin besar kepadatan agregat, maka kemampuan campuran laston untuk memikul pembebanan akan semakin kuat.

Adapun hubungan antara berat jenis efektif agregat dengan nilai *indirect tensile strength* disajikan pada Gambar 4. Karena berat jenis efektif diperoleh dari perhitungan nilai rata-rata antara berat jenis bulk dan berat jenis semu, maka kecenderungan yang terjadi sama dengan berat jenis bulk dan berat jenis semu tersebut. Pada Gambar 4, terlihat bahwa nilai $R^2 = 0.6017$ yang berarti bahwa 60.17% nilai *indirect tensile strength* disebabkan oleh faktor berat jenis efektif sedangkan 39.83% disebabkan oleh faktor-faktor lainnya.

Gambar 5 menunjukkan hubungan antara penyerapan air pada agregat dengan nilai *indirect tensile strength*. Penyerapan air sangat dipengaruhi oleh besar kecilnya pori-pori pada permukaan agregat. Agregat yang berpori cenderung menyerap air lebih banyak namun hal tersebut tidak secara langsung berkaitan dengan bentuk agregat yang kubus atau pipih. Dari Tabel 3 dan Tabel 5 dapat dilihat bahwa agregat dengan komposisi 100% berbentuk kubus menghasilkan penyerapan air 1.73% dan nilai *indirect tensile strength* sebesar 673 kPa sedangkan agregat dengan komposisi 60% berbentuk kubus menghasilkan penyerapan air 1.41% dan nilai *indirect tensile strength* sebesar 501 kPa. Di sisi lain, berdasarkan hasil yang diperoleh Ihsan (2017), penyerapan air pada agregat yang diteliti berada pada rentang 1.80-3.11% dan nilai *indirect tensile strength* yang diperoleh semakin rendah seiring dengan makin besarnya penyerapan air pada agregat. Hasil uji penyerapan air tersebut merupakan indikator dari jumlah aspal yang dapat terserap ke dalam agregat melalui pori-pori permukaannya.

Hasil pengujian ini memperkuat penelitian sebelumnya (Almeida *et al.*, 2018; Saevarsdottira and Erlingsson, 2013; Ekblad, 2007; Lekarp *et al.*, 2000a, 2000b; Salour and Erlingsson, 2013). Porositas dan daya serap agregat yang tinggi meningkatkan kemungkinan aspal untuk menembus lebih jauh ke dalam agregat. Karena aspal yang terserap masuk ke dalam agregat lebih banyak, maka jumlah aspal efektif yaitu aspal yang berada pada permukaan agregat menjadi lebih sedikit. Berkurangnya kadar aspal efektif menghasilkan ketebalan selimut aspal yang lebih tipis sehingga daya rekat antara aspal

dan agregat menjadi berkurang sehingga mengurangi kemampuan campuran untuk memikul pembebanan. Secara umum, hubungan penyerapan air pada agregat dan *indirect tensile strength* menghasilkan nilai $R^2 = 0.6786$ atau $R = 0.824$ sehingga memiliki korelasi yang kuat.

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa semakin besar keausan *impact* dari agregat, nilai *indirect tensile strength* yang dihasilkan menjadi semakin kecil. Nilai keausan *impact* yang besar menunjukkan bahwa agregat semakin mudah hancur. Kehancuran agregat tersebut secara otomatis akan mengurangi daya dukung campuran dalam menerima pembebanan. Seperti yang disajikan pada Tabel 3 dan Tabel 5, nilai keausan *impact* dipengaruhi juga oleh komposisi agregat yang digunakan. Agregat yang berbentuk kubus dengan prosentase lebih besar lebih tahan terhadap degradasi atau kehancuran. Adapun agregat pipih memiliki ketebalan yang jauh lebih tipis dibandingkan dengan diameternya sehingga mudah pecah ketika dilakukan proses pemadatan. Semakin banyak prosentase agregat pipih pada campuran, nilai *indirect tensile strength* semakin kecil.

Nilai *indirect tensile strength* berkurang dari 564 kPa pada campuran yang menggunakan agregat dengan keausan *impact* $\approx 20\%$ menjadi 388 kPa pada campuran menggunakan agregat dengan keausan *impact* $\approx 40\%$. Adapun pada campuran yang seluruhnya menggunakan agregat berbentuk kubus memiliki nilai keausan *impact* 8.42% menghasilkan *indirect tensile strength* sebesar 673 kPa. Berdasarkan Gambar 6, hubungan keausan *impact* dan nilai *indirect tensile strength* menghasilkan $R^2 = 0.7079$ atau $R = 0.841$ sehingga memiliki korelasi yang kuat.

SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik simpulan bahwa agregat yang memiliki nilai berat jenis bulk, berat jenis kering permukaan jenuh, berat jenis semu dan berat jenis efektif yang lebih tinggi, menghasilkan campuran laston yang lebih mampu menahan pembebanan (nilai *indirect tensile strength* lebih besar). Pada penyerapan air dengan rentang 1.80-3.11%, kemampuan campuran untuk menahan beban tarik semakin rendah seiring dengan semakin besarnya penyerapan air tersebut. Nilai *indirect tensile strength* juga dipengaruhi oleh tingkat kekerasan agregat (*aggregate impact value*). Semakin kecil nilai *aggregate impact value*, tingkat kehancuran agregat semakin rendah sehingga kemampuan campuran dalam menerima pembebanan menjadi lebih tinggi. Pada agregat yang dominan berbentuk kubus, agregat lebih tahan terhadap kehancuran sehingga nilai *indirect tensile strength* semakin besar. Berdasarkan koefisien korelasi, secara umum dapat dikatakan bahwa karakteristik agregat berpengaruh kuat terhadap nilai *indirect tensile strength*.

Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait pengaruh karakteristik agregat terhadap *workability* (kemudahan kerja) pada campuran laston.

DAFTAR PUSTAKA

- Adlinge, S., and Gupta, A., 2013. *Pavement Deterioration and Its Causes*, International Journal of Innovative Research and Development, 2(4): 437-450.
- Almeida, A.J., Momm, L., Trichês, G., and Shinohara, K.J., 2018. *Evaluation of The Influence of Water and Temperature on The Rheological Behavior and Resistance to Fatigue of Asphalt Mixtures*, Construction and Building Materials, 158: 401-409.
- Brown, E.R., Hainin, M.R., Cooley, A., and Hurley, G., 2004. *Relationships of HMA In-Place Air Voids, Lift Thickness, and Permeability*, National Cooperative Highway Research Program, National Center for Asphalt Technology, Auburn University Auburn, Alabama.
- Chen, J. S., Chang, M. K., and Lin, K. Y., 2005. *Influence of Coarse Aggregate Shape on The Strength of Asphalt Concrete Mixtures*, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, 6(4), 1062-1075.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2013. *Spesifikasi Umum Edisi 2010 Revisi 3*, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Ekblad, J., 2007. *Influence of Water on Coarse Granular Road Material Properties*, Stockholm, Sweden: KTH Royal Institute of Technology.
- Farid, M., 2017. *Pengaruh Ukuran Maksimum Agregat Terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Ihsan, M., 2017. *Pengaruh Tingkat Kekerasan Agregat Terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Jody, H.S., 2017. *Pengaruh Proporsi Bentuk Agregat Terhadap Kinerja Campuran Lapis Aspal Beton (Laston)*, Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Mataram.
- Lekarp, F., Isacsson, U., and Dawson, A., 2000a. *State of The Art. I: Resilient Response of Unbound Aggregates*, Journal of Transportation Engineering, ASCE, 126(1), 66-75.
- Lekarp, F., Isacsson, U., and Dawson, A., 2000b. *State of The Art. II: Permanent Strain Response of Unbound Aggregates*, Journal of Transportation Engineering, ASCE, 126(1), 76-83.
- Saevarsdottira, T., and Erlingsson, S., 2013. *Water Impact on The Behaviour of Flexible Pavement Structures in an Accelerated Test*, Road Materials and Pavement Design, 14(2): 256-277.
- Salour, F., and Erlingsson, S., 2013. *Investigation of a Pavement Structural Behaviour During Spring Thaw Using Falling Weight Deflectometer*, Road Materials and Pavement Design, 14(1), 141-158.
- Singh, M.; Kumar, P., and Maurya, M.R., 2013. *Strength Characteristics of SBS Modified Asphalt Mixes with Various Aggregates*, Construction and Building Materials 41: 815-823.
- Sukirman, S., 2016. *Beton Aspal Campuran Panas*, Institut Teknologi Nasional, Bandung.
- Waani, J.E., 2013. *Evaluasi Volumetrik Marshall Campuran AC-BC (Studi Kasus Material Agregat di Manado dan Minahasa)*, Jurnal Teknik Sipil ITB, 20(1): 67-78.
- Wu, Y., Parker, F., and Kandhal, P.S., 1998. *Aggregate Toughness/Abrasion Resistance and Durability/Soundness Tests Related to Asphalt Concrete Performance in Pavements*, Transportation Research Record 1638, Paper No. 98-0213, 85-93.