

PENGARUH GRADASI AGREGAT DENGAN METODE MODIFIED TOUFAR MODEL TERHADAP KINERJA MEKANIK MICRO-SURFACING

Hery Awan Susanto¹

*Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Jenderal Soedirman
hery.susanto@unsoed.ac.id*

ABSTRAK

Micro-surfacing atau bubur aspal emulsi adalah campuran aspal emulsi dengan agregat bergradasi baik, filler mineral, air, dan aditif yang dicampur pada suhu lingkungan sekitar (ambien). Micro-surfacing merupakan lapisan tipis paling atas dengan tebal 10 mm yang berfungsi memberikan kerataan permukaan, meningkatkan kekesatan, dan melindungi lapisan lain dalam struktur perkerasan jalan. Penggunaan micro-surfacing dalam struktur perkerasan jalan mendukung program jalan ramah lingkungan, karena terbukti mampu menurunkan konsumsi energi dan emisi CO₂. Dari beberapa komponen penyusun micro-surfacing, gradasi agregat merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja mekanik micro-surfacing. Salah satu metode menentukan gradasi agregat adalah dengan teori packing degree dari modified toufar model. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh gradasi agregat dengan teori packing degree dengan modified toufar model terhadap kinerja mekanik micro-surfacing. Pengujian terhadap micro-surfacing dilakukan sesuai dengan prosedur The International Slurry Surfacing Association (ISSA) A143 dan American Society for Testing and Materials (ASTM) D3910. Parameter rutting, bleeding, dan stripping dianalisis untuk mengetahui kinerja mekanik micro-surfacing. Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa teori packing degree dengan modified toufar model dapat digunakan sebagai parameter desain dalam menentukan gradasi agregat yang terbaik. Packing degree yang menghasilkan kinerja mekanik micro-surfacing terbaik dalam penelitian ini adalah sebesar 96,23.

Kata kunci : micro-surfacing, kinerja mekanik, gradasi agregat, packing degree

THE EFFECT OF AGGREGATE GRADATION WITH MODIFIED TOUFAR MODEL METHOD ON MICRO-SURFACING MECHANICAL PERFORMANCE

ABSTRACT

Micro-surfacing or asphalt emulsion slurry is a mixture of asphalt emulsion with well-graded aggregates, mineral fillers, water, and additives which are mixed at ambient temperature. Micro-surfacing is a top thin layer with 10 mm thick which serves to provide surface smoothness, increase roughness, and protect other layers in the road pavement structure. The application of micro-surfacing in road pavement structures can support green road program, as it is proven to be able to reduce energy consumption and CO₂ emissions. In the several constituent components of micro-surfacing, aggregate gradation is an important factor affecting the mechanical performance of micro-surfacing. One method of determining aggregate gradation is the packing degree theory using the modified toufar model. This study aims to evaluate the effect of aggregate grading with packing degree theory using modified toufar model on the mechanical performance of micro-surfacing. Testing of micro-surfacing was carried out in accordance with The International Slurry Surfacing Association (ISSA) A143 and American Society for Testing and Materials (ASTM) D3910 procedures. The parameters of rutting, bleeding, and stripping are analyzed to determine the mechanical performance of micro-surfacing. The results of the test show that the packing degree theory with modified toufar model can be used as a design parameter in determining the best aggregate gradation. Packing degree which produces the best micro-surfacing mechanical performance in this study is 96.23.

Keyword: micro-surfacing, kinerja mekanik, gradasi agregat, packing degree

PENDAHULUAN

Micro-surfacing adalah lapisan tipis paling atas dari struktur perkerasan jalan dengan tebal 10 mm yang berfungsi memberikan kerataan permukaan, meningkatkan kekesatan, dan melindungi lapisan lainnya dalam struktur perkerasan jalan. Micro-surfacing adalah jenis campuran dingin (*cold mix*) dengan menggunakan aspal emulsi, filler, aditif dan agregat bergradasi baik. Penggunaan micro-surfacing dalam struktur perkerasan jalan dapat mendukung program jalan ramah lingkungan, karena mampu menekan penggunaan energi dan menghasilkan sedikit polusi dalam proses pencampuran [1]. Penggunaan micro-surfacing dapat menekan konsumsi energi 40% dan mengurangi emisi CO₂ 45% dibandingkan dengan hot mix asphalt [2].

Pengujian kinerja mekanik micro-surfacing dilakukan dengan menggunakan standar International Slurry Surfacing Association (ISSA) A143 yang meliputi pengujian *wet tracking abrasion* (WTA) untuk potensi stripping, pengujian *sand adhesion* (SA) untuk potensi *bleeding*, dan pengujian *loaded wheel* (LW) untuk ketahanan terhadap *rutting* [3,4,5]. Gambar 1 menunjukkan fenomena tipe kerusakan jalan pada campuran micro-surfacing.

Dari beberapa komponen penyusun Micro-surfacing, gradasi agregat merupakan faktor penting yang mempengaruhi kinerja mekanik micro-surfacing [6]. Penentuan gradasi agregat biasanya dilakukan secara manual dengan trial and error atau hanya dipilih kurva tengah dari batas atas dan bawah rentang gradasi agregat. Metode ini tidak efektif dan efisien dari sisi mixdesign karena membuang waktu dan belum tentu menghasilkan kinerja yang baik dari campuran yang dihasilkan (kekuatan dan keawetan).

Salah satu metode untuk memilih gradasi agregat adalah dengan teori *packing degree* dari modified toufar [7]. Penelitian berkaitan dengan penggunaan *packing degree* pertama kali dilakukan untuk campuran beton [8, 9]. Dari penelitian terdahulu dari beberapa metode untuk menentukan *packing degree* agregat dapat diketahui bahwa metode

modified toufar menghasilkan gradasi agregat yang baik [10].

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh gradasi agregat dengan teori *packing degree* modified toufar terhadap kinerja mekanik micro-surfacing sesuai dengan prosedur ISSA A143.



Gambar 1. Tipikal kerusakan jalan.

MATERIAL DAN METODE

Dalam penelitian ini, lima gradasi agregat yang berbeda digunakan dalam campuran micro-surfacing. Hal ini dilakukan untuk mengetahui korelasi antara tipe gradasi agregat dengan kinerja mekanik micro-surfacing. Gradasi agregat yang digunakan dalam rentang tipe II dan III dari spesifikasi gradasi ISSA A143 standar. Masing-masing gradasi agregat tersebut selanjutnya dihitung untuk nilai *packing degree*. Sementara itu tebal film aspal yang digunakan sebesar 8 µm dan tambahan 1% semen dalam campuran micro-surfacing. Kinerja mekanik micro-surfacing yang dievaluasi meliputi: *stripping*, *bleeding*, dan *rutting* dievaluasi dengan menggunakan ISSA A143 standar. Berikut ini adalah material yang digunakan dan hasil pengujiannya serta metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.

Material

Aspal binder dan aspal emulsi

Tabel 1-Tabel 2 menunjukkan hasil pengujian untuk aspal binder dan aspal emulsi. Dalam penelitian ini job mix formula untuk aspal emulsi adalah 63% aspal binder, 2% emulsifier, 3% latex, dan 32% air. Aspal emulsi dibuat di laboratorium dengan menggunakan alat emulsion colloid mill. Hasil pengujian menunjukkan material tersebut memenuhi standar persyaratan yang telah ditentukan.

Tabel 1. Pengujian aspal binder [14]

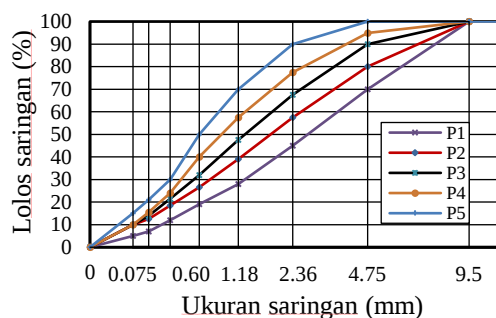
Pengujian	Aspal viskositas (AC10)		Standar
	Hasil uji	Spesifikasi	
Penetrasi (25°, 100g, 5s, 0,1mm)	81	>70	ASTM D5
Viskositas (60°, cp)	1096	1000±200	ASTM D2171
Viskositas (135°, cp)	320	>150	ASTM D2170

Tabel 2. Pengujian aspal emulsi [14]

Pengujian	Hasil uji	Spesifikasi	Standar
Settlement and Storage Stability aspal emulsi, 24-h (%)	0,70%	< 1%	ASTM D6930
Destilasi aspal emulsi (%)	63	> 62	ASTM D6997
Softening point bitumen (Ring-and-Ball Apparatus) (°C)	60	> 57	ASTM D36
Penetrasi bitumen at 77°F (25°C)	73	40-90	ASTM D5

Gradasi agregat

Gambar 2 menunjukkan distribusi tipe gradasi agregat yang digunakan dalam penelitian. Gradasi agregat P1 mewakili batas bawah gradasi agregat tipe III, P2 berada pada nilai tengah gradasi agregat tipe III, P3 merupakan nilai rerata batas atas gradasi agregat tipe III dan batas bawah gradasi agregat tipe II, P4 mewakili nilai tengah gradasi agregat tipe II, dan P5 berada pada batas atas gradasi tipe II.



Gambar 2. Tipe gradasi agregat (P1-P5)

Packing degree modified toufar model

Persamaan *packing degree* dalam penelitian ini menggunakan modified toufar. Metode modified toufar digunakan untuk memprediksi packing degree (ϕ) dari lima jenis gradasi agregat (P1-P5). Packing degree (ϕ) dengan metode modified toufar bisa dilihat dalam persamaan 1 dibawah ini [11, 12].

$$\phi = 1 / \left[\frac{y_1}{\phi_1} + \frac{y_2}{\phi_2} - y_2 \times \left(\frac{1}{\phi_2} - 1 \right) \times k_d \times k_s \right] \quad (1)$$

dimana;

$\frac{y_1}{\phi_1}$ bulk volume agregat halus;

$\frac{y_2}{\phi_2}$ bulk volume agregat kasar;

$y_2 \times \left(\frac{1}{\phi_2} - 1 \right)$ void volume antara partikel agregat kasar;

k_d (faktor rasio diameter) = $\frac{(d_2 - d_1)}{(d_2 + d_1)}$;

d_1 dan d_2 adalah ukuran nomor saringan yang terdapat sisa tertahan 36,8 % berturut-turut untuk agregat halus dan kasar

k_s (faktor statistik) = $1 - \frac{(1+4x)}{(1+x)^4}$ $x =$

$$\left(\frac{y_1}{y_2} \right) \times \frac{\phi_2}{1 - \phi_1}$$

Hasil perhitungan *packing degree* (ϕ) untuk masing-masing jenis gradasi agregat ditampilkan dalam Tabel 3. Sesuai dengan ekpektasi terlihat bahwa agregat gradasi P1 (*densest gradation*) memiliki nilai *packing degree* terbesar. Sedangkan agregat gradasi P5 (*rare gradation*) memiliki nilai *packing degree* terkecil.

Tabel 3. *Packing degree* untuk P1-P5

Gradasi Agregat	Aspal Emulsi (%)	Packing Degree (%)
P1	10,1	98,52
P2	14,24	97,39
P3	15,22	96,23
P4	16,69	95,11
P5	21,15	93,74

Metode

Tiga pengujian kinerja berdasarkan spesifikasi ISSA A143 meliputi *wet track abrasion test*, *loaded wheel test*, dan *sand adhesion* digunakan dalam penelitian ini untuk mengevaluasi terjadinya potensi *stripping*, *bleeding*, dan *rutting* dalam campuran micro-surfacing. Tabel 4 berikut menunjukkan spesifikasi kinerja laboratorium untuk micro-surfacing [13].

Tabel 4. ISSA A143 standar untuk pengujian mekanik micro-surfacing

Pengujian	No. ISSA TB	Spesifikasi
<i>Wet-Track Abrasion Test</i> rendaman satu jam rendaman enam hari	TB 100	50 g/ft ² (538 g/m ²) max. 75 g/ft ² (807 g/m ²) max. or near spin minimum,
Lateral and Vertical Displacement after 1.000 Cycle of 56,71 kg	TB 147	Lateral: 5 % max. Vertical: 10% max.
Excess Asphalt by LWT Sand Adhesion	TB 109	50 g/ft ² (538 g/m ²) max.

Gambar 3 di bawah ini menunjukkan pengujian kinerja mekanik micro-surfacing di laboratorium.



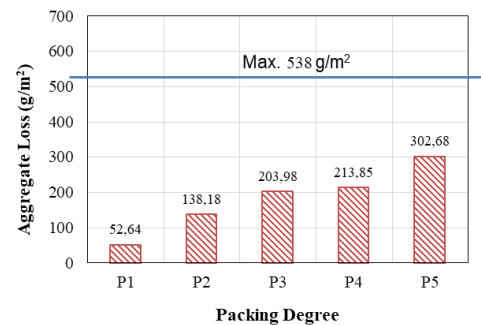
Gambar 3. Pengujian mekanik micro-surfacing

HASIL DAN PEMBAHASAN

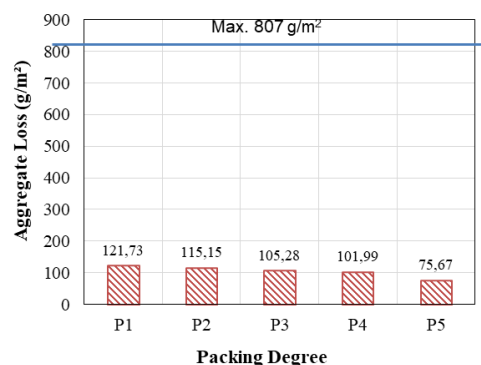
Potensi Stripping

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian WTAT setelah sampel direndam selama satu jam untuk gradasi agregat dengan *packing degree* yang berbeda (P1-P5). Hasil pengujian menunjukkan bahwa penurunan nilai *packing degree* akan mengakibatkan kenaikan *agregat loss* (kehilangan agregat). Sedangkan Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian pengujian WTAT setelah sampel direndam selama enam hari. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh informasi bahwa penurunan nilai *packing degree* berakibat penurunan nilai *agregat loss*.

Hasil pengujian WTAT antara sampel rendaman satu jam dengan enam hari menunjukkan kecenderungan yang berlawanan. Hal ini kemungkinan disebabkan oleh pengaruh kekuatan ikatan antara agregat dan aspal dalam proses *curing*.



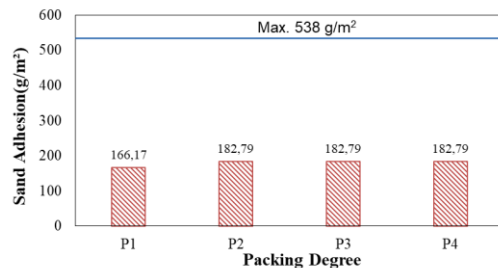
Gambar 4. Nilai *agregat loss* kondisi sampel terendam satu jam



Gambar 5. Nilai *agregat loss* kondisi sampel terendam enam hari

Potensi Bleeding

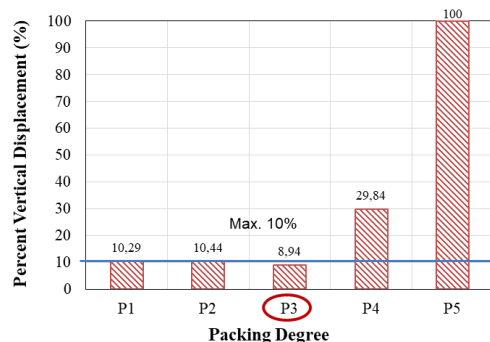
Hasil pengujian *sand adhesion* ditampilkan dalam Gambar 6 di bawah ini. Dari hasil pengujian tersebut terlihat bahwa tidak ada kecenderungan atau pola *bleeding* akibat pengaruh nilai *packing degree*. Karena *bleeding* (kelebihan aspal dalam campuran beraspal) dipengaruhi oleh kadar aspal film dalam campuran.



Gambar 6. Nilai *sand adhesion*

Ketahanan Rutting

Gambar 7 menunjukkan hasil pengujian LWT vertikal untuk P1-P5. Hasil pengujian menunjukkan bahwa campuran pada nilai *packing degree* yang tinggi memiliki nilai *rutting* yang kecil. Sebaliknya campuran dengan nilai *packing degree* yang kecil akan menghasilkan nilai *rutting* yang besar. Nilai *rutting* terkecil diperoleh pada P3.



Gambar 7. Nilai *rutting*

SIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut ini.

1. Hasil pengujian menunjukkan bahwa teori *packing degree* dengan modified toufar model dapat digunakan sebagai

parameter desain dalam menentukan gradasi agregat yang terbaik.

2. *Packing degree* yang menghasilkan kinerja mekanik Micro-surfacing terbaik dalam penelitian ini yaitu sebesar 96,23 (gradasi agregat tipe III).
3. Perlu dilakukan penelitian lanjutan tentang pengaruh variasi tebal film aspal terhadap kinerja mekanik micro-surfacing.
4. Perlu dilakukan pengujian lanjutan tentang efek rendaman terhadap kinerja *stripping/raveling* micro-surfacing.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Broughton, B., S.-J. Lee, and Y.-J. Kim, "30 years of micro-surfacing: a review," *ISRN Civil Engineering*, 2012, 1-7. doi: 10.5402/2012/279643, 2012.
- [2] Uhlman, B. W. and P. Saling, "Measuring and communicating sustainability through eco-efficiency analysis," *Chemical Engineering Progress*, 106(12), 17-26, 2010.
- [3] Nono, "Teknologi slurry seal, micro-surfacing, chip seal, fog seal dan tambalan cepat mantap untuk preservasi perkerasan lentur," Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan dan Jembatan. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2012.
- [4] Zheng, R., "Research on laboratory test of pavement performance on micro-surfacing mixture," Master Thesis,

Changsha University of Science and Technology, 2010.

[5] Robati, M., "Evaluation and improvement of micro-surfacing mix design method and modelling of asphalt emulsion mastic in terms of filler-emulsion interaction," Doctoral dissertation, École de technologie supérieure, 2014.

[6] Meininger, R.C., "Effects of aggregates and mineral fillers on asphalt mixture performance," ASTM STP 1147, 1992.

[7] Westman, A. R., and H. R. Hugill, "The packing of particles," Journal of the American Ceramic Society, 13(10), 767-779, 1930.

[8] Talbot, AN and F.E. Richart, "The strength of concrete and its relation to the cement, aggregate and water," Bulletin, Univeristy of Illinois Engineering Experiment Station, vol 137, pp 1–118, 1923.

[9] Furnas, C. C., "Flow of gases through beds of broken solids," Vol. 300: US Government Printing Office, 1929.

[10] Goltermann, P., V. Johansen, and, L. Palbøl, "Packing of aggregates: an

alternative tool to determine the optimal aggregate mix," ACI Materials Journal, 94(5), 435-443, 1997.

[11] Toufar, W., M. Born, and, E. Klose, "Beitrag zur Optimierung der Packungsdichte polydisperser körniger Systeme," Freiburger Forschungsheft, 558(29-44), 201, 1976.

[12] Toufar, W., E. Klose, and M., Born, "Berechnung der packungsdichte von korngemischen," Aufbereitung-Technik, 11, 603-608, 1977.

[13] International Slurry Surfacing Association (ISSA) A143, "Recommended performance guideline for micro-surfacing," Revised February 2010.

[14] American Standard Testing and Material (ASTM) D 6372-05, "Standard practice for design, testing, and construction of micro-surfacing," 2005.

