

# PENGARUH PROSES PENCAMPURAN KERING DAN BASAH TERHADAP KEKESATAN AC-WC LIMBAH PLASTIK

**Dedy Tahan Saputro**  
MTS DTSL FT  
Universitas Gadjah Mada  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM  
Sleman DIY 55281  
dedy.tahan.saputro@mail.ugm.ac.id

**Latif Budi Suparma**  
MSTT DTSL FT  
Universitas Gadjah Mada  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM  
Sleman DIY 55281  
lbsuparma@ugm.ac.id

**Iman Satyarno**  
MTS DTSL FT  
Universitas Gadjah Mada  
Jln. Grafika 2, Kampus UGM  
Sleman DIY 55281  
Imansatyarno2019@mail.ugm.ac.id

## Abstract

To improve the performance of road pavements in Indonesia, Low-Density Polyethylene plastic waste can be used as a material in the mixing process of asphalt mixtures. In addition to improving the quality of the environment, this plastic waste is expected to increase the skid resistance of the road pavement surface, so that in the end the level of traffic safety can also increase. This study aims to examine the use Low-Density Polyethylene film plastic waste, as an additive to increase the skid resistance of road surface. The asphalt mixture mixing process in this study uses 2 methods, namely the dry mixing process and the wet mixing process. This study shows that the use of Low-Density Polyethylene plastic waste has succeeded in increasing the skid resistance of the samples. Overall, the wet mixing process gave a higher skid resistance value than the dry mixing process.

**Keywords:** road pavement; plastic waste; Low-Density Polyethylene film; skid resistance

## Abstrak

Untuk meningkatkan kinerja perkerasan jalan di Indonesia, limbah plastik Low-Density Polyethylene dapat dimanfaatkan sebagai material dalam pembuatan campuran beraspal. Selain untuk meningkatkan kualitas lingkungan, limbah plastik ini diharapkan dapat meningkatkan kekesatan permukaan perkerasan jalan, sehingga pada akhirnya tingkat keselamatan lalu lintas juga dapat meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penggunaan limbah plastik Low-Density Polyethylene *film*, sebagai bahan tambah terhadap untuk meningkatkan kekesatan permukaan jalan. Proses pembuatan campuran beraspal pada studi ini menggunakan 2 metode, yaitu proses pencampuran kering dan proses pencampuran basah. Studi ini menunjukkan bahwa penggunaan limbah plastik Low-Density Polyethylene berhasil meningkatkan kekesatan benda uji. Secara keseluruhan, proses pencampuran basah memberikan nilai kekesatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses pencampuran kering.

**Kata-kata kunci:** perkerasan jalan; limbah plastik; Low-Density Polyethylene *film*; kekesatan

## PENDAHULUAN

Indonesia berada di peringkat ke dua, setelah China, dalam kasus pencemaran laut akibat sampah plastik. Hal ini memerlukan perhatian yang lebih besar seluruh lapisan masyarakat, agar dampak pencemaran laut tersebut dapat diminimalkan (Jambeck et al., 2015). Limbah plastik sulit terdegradasi dan membutuhkan waktu yang lama, sehingga harus

ada upaya untuk menguranginya. Salah satu cara untuk mengurangi sampah adalah dengan memanfaatkan sampah tersebut, sehingga memberikan nilai tambah.

Pemanfaatan limbah plastik telah dilakukan di berbagai bidang, termasuk di bidang konstruksi jalan. Pada perkembangan terbaru perkerasan jalan beraspal di Indonesia, mulai diterapkan pemanfaatan material limbah atau sampah plastik Low Density Polyethylene (LDPE) *film* (kantong plastik kresek) untuk campuran beraspal, yang bertujuan untuk mengurangi pencemaran lingkungan (Susanto dan Suaryana, 2019).

Di sisi lain, penggunaan jalan memiliki risiko terjadinya kecelakaan lalu lintas, yang dapat menimbulkan korban manusia dan kerugian harta. Secara umum, kecelakaan lalu lintas terjadi akibat beberapa faktor, yaitu faktor manusia, faktor sarana, faktor prasarana, faktor lingkungan, dan penyebab khusus yang lain (Saputra, 2017).

Terkait faktor prasarana, penyebab kecelakaan lalu lintas, di antaranya, adalah akibat kekesatan jalan yang rendah, yang menyebabkan jalan menjadi licin, sehingga kendaraan mengalami slip atau tergelincir. Penggunaan limbah plastik untuk campuran perkerasan beraspal dapat memengaruhi kekesatan (*skid resistance*) permukaan jalan. Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan penelitian untuk mengetahui pengaruh proses pencampuran kering dan pencampuran basah terhadap kekesatan campuran beton aspal yang menggunakan limbah plastik.

### **AC-WC Limbah Plastik**

Campuran beraspal limbah plastik tersusun dari aspal, limbah plastik, dan agregat yang dicampur pada kondisi panas. Bahan limbah plastik yang dipakai adalah jenis plastik LDPE (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

Berdasarkan sifat fisis, plastik dikelompokkan menjadi 2 macam, yaitu termoplastik dan termoset. Termoplastik merupakan bahan yang dapat dibentuk berulang sesuai dengan kebutuhan dengan pemberian panas dan tekanan, yang kemudian mengeras saat dingin. Termoset merupakan bahan yang sudah dibentuk sekali dan tidak dapat dibentuk atau diubah ulang. LDPE banyak digunakan, yang di antaranya adalah untuk bahan pembuatan kantong plastik kresek, kantong plastik sampah, plastik penutup makanan dan plastik pembungkus produk. Proses pembuatan campuran beraspal limbah plastik dibagi menjadi 2 macam, yaitu proses pencampuran kering (*dry process*) dan proses pencampuran basah (*wet process*). Pada proses pencampuran kering, pencampuran limbah plastik cacahan dilakukan pada saat agregat telah dipanaskan, kemudian baru aspal atau bitumen ditambahkan. Sedangkan pada proses pencampuran basah, limbah plastik dan aspal atau bitumen dicampur terlebih dahulu, kemudian baru dicampur dengan agregat (IRC, 2013).

LDPE memiliki sifat kuat, permukaan berkilau, mudah diolah, fleksibel, melunak pada temperatur 70°C, kedap air, dan tidak jernih tapi tembus cahaya. Penggunaannya adalah untuk botol yang mudah ditekan, yoghurt, kantong plastik belanja, kantong roti, dan tempat makanan segar (BPOM, 2017). LDPE biasanya terbuat dari polimerisasi etilen pada tekanan tinggi untuk membentuk molekul polietilen. LDPE dicirikan dengan densitas (0,910-0,940) g/cm<sup>3</sup> serta memiliki derajat tinggi terhadap percabangan rantai panjang dan rantai pendek,

yang berarti tidak akan berubah menjadi struktur kristal. Hal ini juga mengindikasikan bahwa LDPE memiliki kekuatan antarmolekul yang rendah, yang mengakibatkan LDPE memiliki kekuatan tensil yang rendah (Zoorob dan Suparma, 2000).

Kadar limbah plastik pada campuran beraspal telah banyak diteliti dan ditetapkan sebagai standar. Di antaranya adalah di Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian PUPR, digunakan (4-6) % terhadap berat aspal dan di Negara India digunakan (6-10)% terhadap berat aspal (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017; IRC, 2013).

Vargas dan El Hanandeh (2021) melakukan kajian pustaka, dengan metode *Systemic Quantitative Literature Review* (SQLR), terhadap penelitian yang terkait dengan penggunaan bermacam-macam jenis limbah plastik yang ditambahkan pada bitumen dan membuat permodelan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) untuk memprediksi pengaruh penambahan limbah plastik terhadap campuran beraspal, sehingga diketahui kadar limbah plastik efektif. Kadar limbah plastik efektif ini umumnya adalah antara 4,5% hingga 5% terhadap berat aspal.

Suroso (2012) melakukan penelitian pengaruh penggunaan plastik LDPE dengan proses-proses pencampuran basah dan kering terhadap kinerja campuran. Plastik LDPE yang digunakan adalah LDPE baru dalam bentuk pelet atau butiran), dengan kadar 3%, 3,5%, dan 4%. Hasil pengujian terhadap karakteristik Marshall menunjukkan bahwa Stabilitas Marshall benda uji dengan cara basah memiliki nilai yang lebih besar, sekitar 22,5%, dibandingkan dengan Stabilitas Marshall benda uji dengan cara kering.

## Kekesatan

Kekesatan (*Skid resistance*) merupakan ketahanan gesek yang terjadi antara 2 benda berbeda, yang salah satu atau keduanya bergerak (BSN, 2008). Menurut Kumar dan Gupta (2021), faktor-faktor yang memengaruhi kekesatan antara ban dan perkerasan jalan dapat dilihat pada Tabel 1.

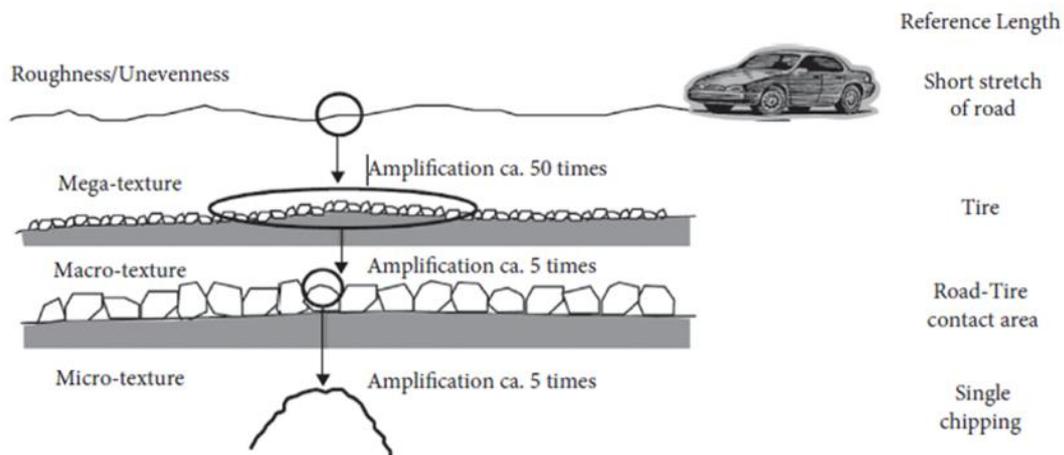
**Tabel 1** Faktor yang Berpengaruh terhadap Kekesatan antara Ban dan Perkerasan Jalan

Karakteristik Permukaan	Parameter Kendaraan	Properti Ban	Kondisi Lingkungan
Mikrotekstur	Kecepatan kendaraan	Tapak ban	Temperatur
Makrotekstur	Rasio gelincir	Pola tapak	Intensitas hujan
Jenis permukaan	Aksi pengereman	Tekanan inflasi	kontaminasi
Sifat agregat	Kemiringan ban	Kondisi pembebanan	
Penuaan permukaan			

Sumber: Kumar dan Gupta (2021)

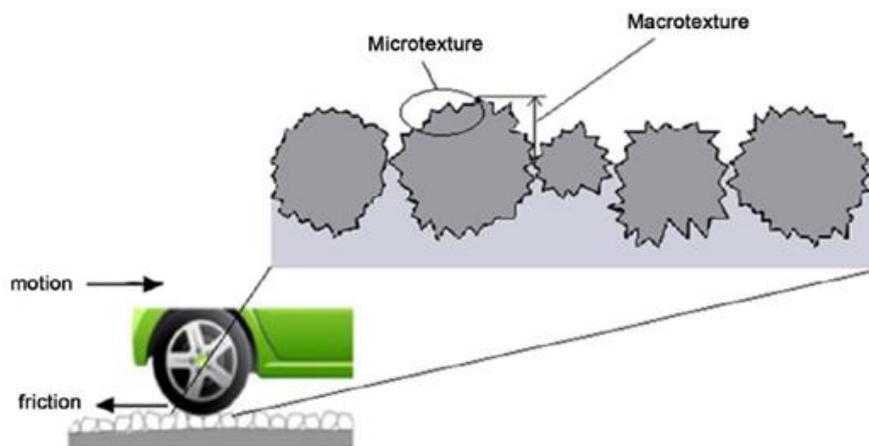
Tekstur perkerasan jalan berupa makrotekstur dan mikrotekstur, yang perpaduan keduanya dapat menghasilkan kekesatan yang baik. Makrotekstur adalah bagian permukaan jalan pada kedalaman 0,5 mm hingga 50 mm dari permukaan teratas. Makrotekstur ini memiliki peranan penting dalam menghasilkan kekesatan pada jalan yang diperuntukkan bagi lalu lintas dengan kecepatan tinggi, karena tersedianya tempat untuk mengalirnya air, sehingga ban dapat selalu menyentuh permukaan jalan. Sedangkan mikrotekstur merupakan karakteristik permukaan jalan dalam skala kecil agregat dan mortar, yang umumnya digam-

barkan dalam kondisi kesat dan licin. Mikrotekstur adalah bagian permukaan jalan yang memiliki kedalaman kurang dari 0,55 mm dari bagian atas permukaan perkerasan jalan. Mikrotekstur merupakan faktor utama penghasil kekuatan adhesi antara ban dengan permukaan jalan (Kumar dan Gupta, 2021). Pengaruh makrotekstur dan mikrotekstur pada permukaan perkerasan jalan ditunjukkan pada Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



Sumber: Kumar dan Gupta (2021)

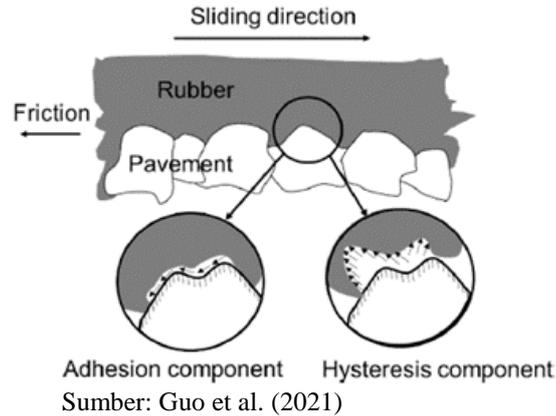
**Gambar 1** Ilustrasi Variasi Bentuk Permukaan Perkerasan



Sumber: Mataei et al. (2016)

**Gambar 2** Skema Efek Mikrotekstur dan Makrotekstur Saat Terjadi Gesekan

Salah satu alat untuk mengukur kekesatan adalah British Pendulum Tester (BPT), dan alat ini digunakan pada penelitian ini. BPT mengukur sifat kekesatan benda uji, baik makrotekstur maupun mikrotekstur permukaan benda uji, di lapangan maupun di laboratorium. Nilai kekesatan permukaan jalan untuk mencegah tergelincir dan slip harus cukup memadai, sehingga keselamatan pengguna jalan terjaga. Nilai kekesatan minimum yang disarankan adalah nilai pada kondisi basah, seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.



**Gambar 3** Komponen Utama Saat Terjadi Gesekan antara Ban dengan Perkerasan

**Tabel 2** Kekesatan Minimum pada Kondisi Basah

Kategori	Tipe lokasi	Minimum Kekesatan kondisi basah
A	Lokasi sukar: 1. Jalan lingkaran atau bundaran 2. Tikungan dengan radius kurang dari 150 m pada jalan bebas hambatan 3. Kemiringan 1:20 atau lebih curam dengan panjang lebih dari 100 m 4. Jalan pendekat sampai simpang bersinyal pada jalan bebas hambatan	65
B	Jalan raya, jalan kelas 1, dan jalan dengan lalu lintas berat di perkotaan (lalu lintas harian lebih dari 2000 kendaraan per hari)	55
C	Tempat lainnya	45

Sumber: Road Research Laboratory (1969)

BPT adalah alat untuk mengukur energi hilang saat pendulum menyentuh permukaan benda uji. Nilai satuan kekesatan yang di peroleh adalah British Pendulum Number (BPN), yang menunjukkan sifat hambatan atau gesekan yang terjadi (BSN, 2008). Nilai BPN perlu dikoreksi terhadap variasi temperatur untuk setiap pengujian permukaan uji dengan rincian seperti yang terdapat pada Tabel 3.

**Tabel 3** Koreksi Nilai BPN

Temperatur (°C)	Koreksi
< 27	0
27–32	+ 1
– 37	+ 2
> 37	+ 3

Sumber: BSN (2008)

Terhadap benda uji yang sama, juga dilakukan pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) untuk melihat mikrotekstur permukaan benda uji, dengan perbesaran (10–3.000.000) kali. Pengujian SEM dilaksanakan di LPPT UGM. Menurut Abduljabbar et al. (2022), pengaruh penambahan limbah plastik LDPE, sebagai pengubah atau *modifier*, meningkatkan kekesatan sekitar 38% pada kondisi permukaan basah.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di laboratorium di lingkungan Universitas Gadjah Mada. Kegiatan penelitian diawali dengan perancangan campuran menggunakan Metode Marshall, untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Kemudian dilakukan pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM), untuk mengetahui makrotekstur dan mikrotekstur permukaan benda uji, dan pengujian kekesatan menggunakan alat BPT.

Material yang digunakan untuk membuat campuran aspal-agregat untuk lapis AC-WC adalah aspal penetrasi 60/70 produksi Shell serta agregat halus, agregat kasar, dan *filler* yang berasal dari sungai Tinalah, Kulon Progo. Sedangkan limbah plastik LDPE-film diperoleh dari Rumah Pengolahan Sampah Citra (RPSC) Bogor.

Urutan pelaksanaan pengujian adalah pemeriksaan karakteristik bahan, perancangan campuran beraspal, pembuatan benda uji untuk penentuan KAO, penentuan KAO, pembuatan benda uji dengan kondisi KAO, pengujian kekesatan, dan pengujian SEM. Pada penelitian ini digunakan limbah plastik dengan kadar 4%, 5%, 6%, 7% terhadap berat aspal, dengan variasi proses pencampuran kering dan basah. Jumlah benda uji yang diperlukan untuk penelitian ini adalah 153 buah. Ketentuan yang digunakan sebagai acuan adalah Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2 (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020) dan Spesifikasi Khusus Interim untuk Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2017).

### Metode Pencampuran Limbah Plastik Pencampuran Kering

Proses pencampuran kering adalah proses pembuatan campuran beraspal, yang mana limbah plastik dan agregat dicampur terlebih dahulu, baru kemudian ditambahkan aspal. Temperatur pencampuran agregat dan limbah plastik antara 160 °C sampai dengan 170 °C. Aspal dicampur dengan jumlah yang sesuai rumusan campuran kerja ke dalam wadah campuran dan diaduk dengan waktu yang telah ditentukan, untuk menghasilkan campuran yang homogen dan semua butiran agregat terselimuti aspal dengan merata. Proses pencampuran kering ini ditunjukkan pada Gambar 4.



**Gambar 4** Proses Pencampuran Kering

## Metode Pencampuran Limbah Plastik Pencampuran Basah

Proses pencampuran basah adalah proses pembuatan campuran beraspal, dengan aspal dan agregat dicampur terlebih dahulu, kemudian ditambahkan limbah plastik. Proses pencampuran basah ini ditunjukkan pada Gambar 5.



**Gambar 5** Proses Pencampuran Basah

## HASIL DAN ANALISIS

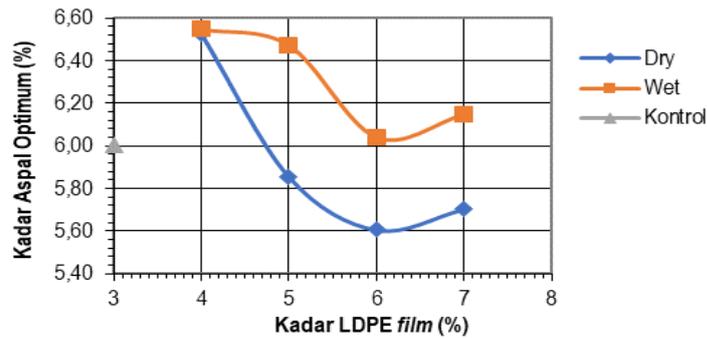
### Penentuan KAO

Penentuan nilai KAO didasarkan pada karakteristik Marshall, yang berupa *mechanical characteristics* dan *volumetric characteristics*, serta menggunakan metode analisis *narrow range*. Nilai KAO yang didapat ditunjukkan pada Tabel 4 dan Gambar 6.

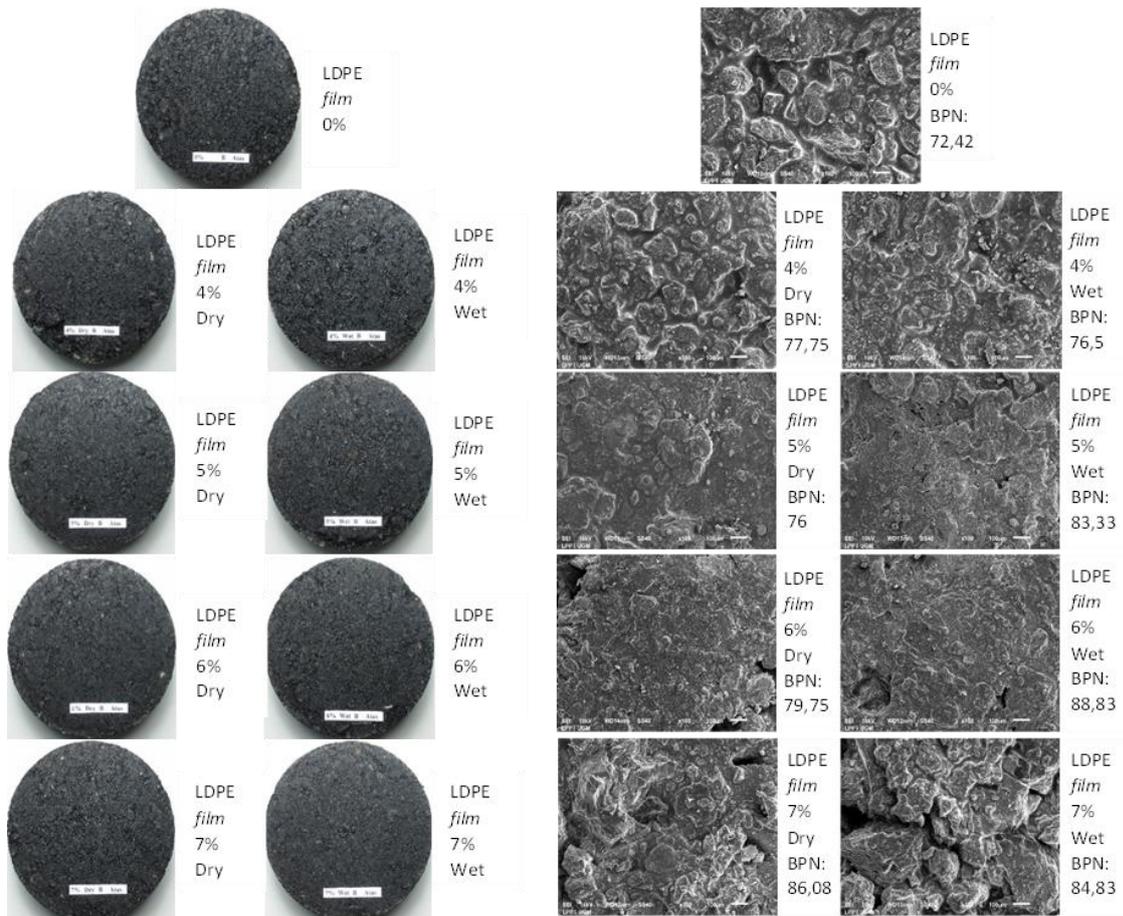
**Tabel 4** Hasil Nilai Kisaran KAO dan Nilai KAO

Kadar Limbah Plastik LDPE Film (%)	Kisaran KAO (%)	Kadar Aspal Optimum (%)
0	5,6 - 6,4	6,01
4 Dry	6,2 - 6,9	6,52
5 Dry	5,4 - 6,3	5,86
6 Dry	5,3 - 5,9	5,61
7 Dry	5,4 - 6,0	5,70
4 Wet	6,2 - 6,9	6,55
5 Wet	5,9 - 7,0	6,47
6 Wet	5,6 - 6,5	6,04
7 Wet	5,7 - 6,6	6,15

Pada Gambar 6 dapat dilihat bahwa nilai KAO cenderung menurun seiring dengan bertambahnya kadar LDPE *film*. Hal ini dikarenakan pada saat pencampuran kering, plastik meleleh dan mengikat agregat halus terlebih dahulu, sehingga sebagian menjadi gumpalan seperti agregat kasar atau jumlah agregat halus berkurang, yang mengakibatkan kebutuhan aspal lebih sedikit. Sedangkan pada proses basah, penurunan kebutuhan aspal masih lebih tinggi, dengan nilai KAO benda uji proses kering, yang disebabkan terjadinya lebih sedikit penggumpalan.



**Gambar 6** Hubungan KAO dan Kadar LDPE Film



**Gambar 7** Mikrotekstur dan Mikrotekstur Permukaan Benda Uji

### Hasil Pengujian Scanning Electron Microscopy

Hasil foto SEM digunakan untuk mengetahui makrotekstur dan mikrotekstur permukaan perkerasan. Pada studi ini dilakukan perkerasan 100 kali, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7.

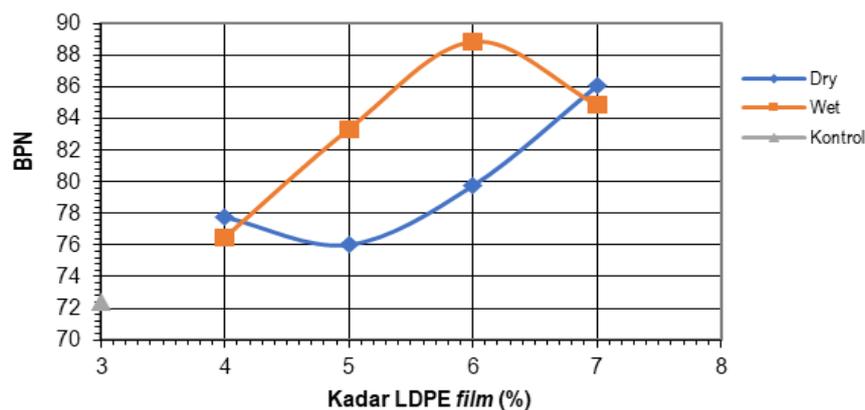
Berdasarkan hasil foto SEM permukaan benda uji, dapat dianalisis kondisi makrotekstur dan kondisi mikrotekstur dengan bertambahnya limbah plastik LDPE *film*. Permukaan semakin halus atau semakin rapat, dengan rongga pada permukaan berkurang, sehingga luas permukaan yang terkena gaya gesek semakin luas, agregat tidak mudah lepas, dan cengkraman ban meningkat. Hal ini disebabkan oleh semakin tebalnya aspal dan limbah plastik LDPE *film* yang menyelimuti agregat.

### Hasil Pengujian Kekesatan

Pengujian kekesatan dengan alat BPT memberikan hasil nilai BPN. Nilai-nilai BPN tersebut dapat dilihat pada Tabel 5 dan Gambar 8.

**Tabel 5** Hasil Pengujian Kekesatan Menggunakan BPT

Kadar Limbah Plastik LDPE Film (%)	Kadar Aspal Optimum (%)	BPN
0	6,01	72,42
4 <i>Dry</i>	6,52	77,75
5 <i>Dry</i>	5,86	76,00
6 <i>Dry</i>	5,61	79,75
7 <i>Dry</i>	5,70	86,08
4 <i>Wet</i>	6,55	76,50
5 <i>Wet</i>	6,47	83,33
6 <i>Wet</i>	6,04	88,83
7 <i>Wet</i>	6,15	84,83



**Gambar 8** Hubungan BPN dan Kadar Limbah Plastik

Dari hasil pengujian kekesatan dapat diketahui bahwa pada proses pencampuran kering dan pencampuran basah, nilai BPN meningkat dengan bertambahnya kadar limbah plastik LDPE *film*. Hasil ini menunjukkan bahwa pada makrotekstur permukaan terjadi peningkatan kekakuan perekat, yang secara bersamaan terjadi peningkatan tebal perekat

aspal yang menyelimuti agregat. Hal ini merupakan hasil dari polimer yang berperilaku sebagai *stabilizer* atau pemantap campuran beraspal.

Hasil pengujian kekesatan dengan alat BPT memberikan nilai BPN benda uji dengan pencampuran kering dan dengan pencampuran basah. Nilai-nilai BPN terbesar adalah sebesar 72 untuk benda uji dengan 0% LDPE *Film*, 86 untuk benda uji dengan 7% LDPE *Film* dan pencampuran kering, serta 89 untuk benda uji dengan 6% LDPE *Film* dan pencampuran basah. Keseluruhan hasil pengujian kekesatan ini masuk dalam Kategori A, karena semua angka kekesatan lebih besar dari 65 (Road Research Laboratory, 1969).

## KESIMPULAN

Kekesatan jalan yang rendah dapat menjadi suatu penyebab kecelakaan lalu lintas di jalan. Pada studi ini dikaji penggunaan limbah plastik, yang diharapkan dapat meningkatkan kekesatan permukaan jalan yang terbuat dari campuran beraspal AC-WC. Untuk itu dibuat campuran beraspal AC-WC yang menggunakan limbah plastik, dan campuran dibuat dengan mengikuti 2 proses yang berbeda, yaitu proses pencampuran kering dan proses pencampuran basah.

Dari hasil perancangan campuran diperoleh kadar aspal optimum untuk campuran-campuran AC-WC, dengan kadar limbah plastik LDPE *Film* yang bervariasi. KAO campuran beraspal yang tidak menggunakan limbah adalah 6,01%, sedangkan untuk campuran dengan proses kering berkisar antara 5,61% hingga 6,52% dan untuk campuran dengan proses basah berkisar antara 6,04% hingga 6,55%.

Hasil pengujian kekesatan dengan alat BPT memberikan nilai BPN benda-benda uji. Benda uji yang tidak menggunakan limbah plastik mempunyai nilai BPN sebesar 72. Sedangkan benda uji yang dibuat dengan campuran kering dan kadar limbah plastik 7% memberikan nilai BPN sebesar 86. Nilai kekesatan terbesar diberikan oleh benda uji yang dibuat dengan campuran basah dengan kadar limbah plastik 6%, yang memberikan nilai BPN sebesar 89. BPN semua benda uji termasuk dalam Kategori A berdasarkan kriteria Road Research Laboratory.

Nilai kekesatan benda uji meningkat dengan peningkatan kadar limbah plastik LDPE *film* yang ditambahkan pada campuran. Secara keseluruhan, proses pencampuran basah memberikan nilai kekesatan yang lebih tinggi dibandingkan dengan proses pencampuran kering.

## DAFTAR PUSTAKA

Abduljabbar, N., Al-Busaltan, S., Dulaimi, A., Al-Yasari, R., Sadique, M., dan Nageim, H. Al. 2022. *The Effect of Waste Low-Density Polyethylene on the Mechanical Properties of Thin Asphalt Overlay*. Construction and Building Materials, 315.

- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) Republik Indonesia. 2017. *Kemasan Pangan Plastik*. In InfoPOM, 18 (3): 1–13.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2008. *Cara Uji Kekesatan Permukaan Perkerasan Menggunakan Alat British Pendulum Tester (BPT)*. Standar Nasional Indonesia (SNI) 427:2008. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2017. *Spesifikasi Khusus Interim Campuran Beraspal Panas Menggunakan Limbah Plastik*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. 2020. *Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2)*. Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Jakarta.
- Guo, F., Pei, J., Zhang, J., Li, R., Zhou, B., dan Chen, Z. 2021. *Study on the Skid Resistance of Asphalt Pavement: A State-of-the-Art Review and Future Prospective*. Construction and Building Materials Serial. Amsterdam: Elsevier.
- Indian Roads Congress (IRC). 2013. *Guidelines for the Use of Waste Plastic in Hot Bituminous Mixes (Dry Process) in Wearing Courses*. Delhi: India Offset Press.
- Jambeck, J.R., Andrady, A., Geyer, R., Narayan, R., Perryman, M., Siegler, T., Wilcox, C., dan Lavender Law, K. 2015. *Plastic Waste Inputs from Land into the Ocean*, Science, 347: 768–771.
- Kumar, A., dan Gupta, A. 2021. *Review of Factors Controlling Skid Resistance at Tire-Pavement Interface*. Advances in Civil Engineering. London: Hindawi.
- Mataei, B., Zakeri, H., Zahedi, M., dan Nejad, F.M. 2016. *Pavement Friction and Skid Resistance Measurement Methods: A Literature Review*. Open Journal of Civil Engineering, 06 (04): 537–565.
- Road Research Laboratory. 1969. *Instructions for Using the Portable Skid Resistance Tester*. Second Edition. Road Note 27. London.
- Saputra, A. D. 2017. *Studi Tingkat Kecelakaan Lalu Lintas Jalan di Indonesia Berdasarkan Data KNKT (Komite Nasional Keselamatan Transportasi) dari Tahun 2007–2016*. Warta Penelitian Perhubungan, 29 (2): 179-189.
- Suroso T. W. 2012. *Pengaruh Penambahan Plastik LDPE (Low Density Poly Ethilen) Cara Basah dan Cara Kering terhadap Kinerja Campuran Beraspal*. Media Komunikasi Teknik Sipil, 16 (3): 208–222.
- Susanto, I. dan Suaryana, N. 2019. *Evaluasi Kinerja Campuran Beraspal Lapis Aus (AC-WC) dengan Bahan Tambah Limbah Plastik Kresek*. Jurnal Aplikasi Teknik Sipil, 17 (2): 27-36.
- Vargas, C. dan El Hanandeh, A. 2021. *Systematic Literature Review, Meta-Analysis and Artificial Neural Network Modelling of Plastic Waste Addition to Bitumen*. Amsterdam: Elsevier.

Zoorob, S.E. dan Suparma, L.B. 2000. *Laboratory Design and Investigation of the Properties of Continuously Graded Asphaltic Concrete Containing Recycled Plastics Aggregate Replacement (Plastiphalt)*. *Cement and Concrete Composites*, 22 (4): 233–242.