

Kinerja campuran AC-WC berbahan ikat aspal modifikasi plastik polyethylene terephthalate pada kondisi terendam air hujan

Fathoni Abdul Mukti¹, Berlian Kushari^{1*}

¹Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia

Article Info

Available online

Keywords:

Modified asphalt binder
PET

Corresponding Author:

Berlian Kushari
bkushari@uii.ac.id

Abstract

Plastic wastes are widely known to cause environmental problems. Fight against plastic wastes has increasingly been campaigned by the government of Indonesia. As a contribution to this effort from the field of road pavements, this research was aimed at twofold objectives, namely to help reducing the wastes and, simultaneously, to seek the possibility of using them in pavements for performance improvements. The Polyethylene Terephthalate (PET) wastes were pre-processed and added to the 60/70 pen. asphalt binder as modifier. The AC-WC mixes were produced from the control and modified binders according to the 2018 rev. 2 Bina Marga Specifications requirements. The optimum binder and optimum PET contents of the samples were found to be 6,5% and 4%, respectively. At these conditions, samples with modified asphalt were found to have higher stability up to 10,4% increase as compared to that of the controls. This early advantage, however, became quickly insignificant in the conditions of being soaked with rain water for 24 and 48 hours. The similar trend was also noticed in the application of ITS tests. Cantabro Loss examination showed that samples with modified asphalt tend to have higher loss value, although not significant. This research indicates that, to some degree (4%), PET wastes can be accommodated into AC-WC mixes as asphalt modifier, without compromising the stability.

Copyright © 2024 Universitas Islam Indonesia
All rights reserved

Pendahuluan

Limbah plastik merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang makin memburuk. Di kota Yogyakarta khususnya, limbah plastik telah mencapai 70 ton, atau sekitar 30%, dari total keseluruhan sampah yang masuk ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA) setiap hari (Nugroho, 2018). Untuk mengatasi masalah tersebut, diperlukan tindakan preventif seperti pengurangan penggunaan plastik atau pengolahan sampah plastik yang efektif dan berkelanjutan.

Salah satu upaya mengurangi keberadaan limbah plastik adalah dengan memanfaatkannya kembali. Limbah plastik berjenis *Polyethylene Terephthalate* (PET) dilaporkan dapat diakomodasi di dalam perkerasan jalan. Nasution (2017) menyatakan bahwa penambahan PET pada perkerasan dapat meningkatkan stabilitas dan *flow*, serta menurunkan rongga campuran. Puspitasari (2018) juga menyatakan bahwa penambahan limbah plastik akan meningkatkan stabilitas dari campuran beraspal.

Menurut Mujiarto di dalam Suhardi dkk. (2016), *PET* merupakan polimer sintesis termoplastik semi-kristal yang memiliki masa pakai yang lama karena tahan terhadap proses biodegradasi atau sulit untuk terurai oleh lingkungan alami, sehingga berpotensi mengakibatkan akumulasi limbah. *PET* dengan rumus kimia $C_{10}H_8O_3$, diproduksi melalui reaksi antara *glikol* (EG) dan *terephthalic acid* (TPA) atau dimethyl ester atau asam perephthalat (DMT). *PET* memiliki kemampuan menyerap uap air yang rendah, serta memiliki daya serap terhadap air yang juga rendah. Penggunaan *PET* sangat umum dan mencakup berbagai produk, termasuk botol-botol untuk air mineral, minuman ringan, serta kemasan untuk sirup, saus, dan minyak makan. Botol plastik yang digunakan untuk minuman di Indonesia sering memiliki tanda pengenalan berupa simbol angka 1 yang terletak pada bagian dasar botol. *PET* memiliki karakteristik dengan berat jenis sekitar $1,38 \text{ g/cm}^3$ pada suhu 20°C , titik leleh sekitar 250°C , titik didih sekitar 350°C (ketika mengalami dekomposisi), modulus elastisitas berkisar antara 2800 hingga 3100 Mpa, dan kekuatan tarik sekitar 55 hingga 75 Mpa.

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengkonfirmasi dan melanjutkan penelitian-penelitian terdahulu. Secara spesifik, dikaji pertanyaan mengenai bagaimana limbah plastik *PET* dapat digunakan sebagai bahan untuk memodifikasi aspal sebagai bahan ikat, berapa kadar *PET* yang optimum dalam aspal modifikasi sehingga kinerja perkerasan tidak terkomprohi hingga di luar batas-batas yang diatur di dalam spesifikasi teknis, serta bagaimana sifat-sifat volumetrik dan kinerja perkerasan yang menggunakan bahan aspal termodifikasi *PET*. Kinerja dalam lingkup penelitian ini dibatasi pada stabilitas Marshallnya.

Sebagai tambahan kajian, perkerasan yang terendam cukup lama oleh banjir akan mengalami penurunan nilai stabilitas. Secara empirik, hal ini terkonfirmasi oleh banyak penelitian, di antaranya penelitian Pasereng

(2014), Arifin (2008) dalam kasus perkerasan jenis *Hot Rolled Sheet* (HRS), dan Fauziah dan Safitri (2016) pada campuran bergradasi *Superpave*.

Penelitian ini juga ditujukan untuk mengkaji nilai stabilitas perkerasan dengan bahan ikat aspal termodifikasi *PET* apabila terendam oleh air banjir selama beberapa waktu. Kajian ini dipandang relevan mengingat curah hujan pada banyak lokasi di Indonesia terbilang cukup tinggi. Contohnya, menurut Prasetyaningtyas (2023), bulan Mei 2023 sejumlah wilayah Indonesia mengalami curah hujan dengan kategori menengah sebanyak 73,46%, kategori tinggi 13,82%, dan kategori rendah 12,72%.

Metodologi

Dalam penelitian ini, perkerasan yang dikaji adalah jenis beton aspal lapis aus (AC-WC) dengan bahan ikat berjenis aspal penetrasi 60/70. Agregat yang digunakan untuk seluruh sampel campuran berasal dari sumber yang sama, sehingga tidak dianggap berkontribusi terhadap terjadinya variasi nilai kinerja. Campuran aspal dan agregat diproduksi berdasarkan standar spesifikasi yang dikeluarkan oleh Bina Marga, yaitu edisi 2018 revisi ke-2 (Bina Marga, 2018).

Hasil pemeriksaan karakteristik agregat kasar, halus, filler dan perbandingannya dengan spesifikasi Bina Marga disajikan pada Tabel 1, 2, dan 3. Seluruh kelompok agregat tersebut dinyatakan memenuhi spesifikasi.

Bahan ikat aspal penetrasi 60/70 dimodifikasi dengan cara dicampurkan dengan *PET* pada kadar 4% hingga 5% berat dengan kenaikan tiap 0,5%. Sebelum digunakan untuk memodifikasi bahan ikat, limbah plastik *PET* diproses terlebih dahulu dengan membentuknya menjadi 2 sediaan, yaitu sediaan berukuran $0,5 \times 0,5 \text{ cm}^2$ dan sediaan berbentuk bubuk. Pada Tabel 4 disajikan hasil pemeriksaan material bahan ikat baik yang belum dimodifikasi (kontrol) maupun yang telah dimodifikasi *PET* dengan kadar 4%.

Tabel 1. Karakteristik Agregat Kasar

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat jenis	$\geq 2,5$	2,676
2	Penyerapan agregat terhadap air (%)	≤ 3	1,818
3	Kelekatan agregat terhadap aspal (%)	≥ 95	98
4	Keausan agregat dengan mesin Los Angeles (%)	≤ 40	7,175

Tabel 2. Karakteristik Agregat Halus

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,618
2	Penyerapan Agregat terhadap Air (%)	≤ 3	1,010
3	Sand Equivalent (%)	≥ 50	92,05

Tabel 3. Karakteristik Filler

No	Jenis Pengujian	Syarat	Hasil
1	Berat Jenis	$\geq 2,5$	2,515

Tabel 4. Karakteristik Bahan Ikat

No	Jenis Pengujian	Syarat	Pen. 60/70	Modif. PET 4% sediaan 0,5 x 0,5 cm ²	Modif. PET 4% sediaan bubuk
1	Penetrasi	60/70	62,70	62,50	70,90
2	Berat Jenis	$\geq 1,0$	1,037	1,012	1,086
3	Daktalitas	> 100	110	152,50	105,80
4	Titik Lembek	≥ 48	50,50	48,50	48,50
5	Titik Nyala	≥ 232	332	330	321
6	Titik Bakar	≥ 232	336	338	328
7	Kelarutan	≥ 99	99,11	99,02	99,32

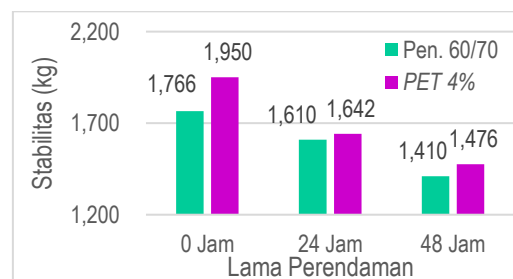
Kadar aspal optimum (KAO) campuran adalah 6,5%. Pada nilai KAO ini, kadar PET optimum (KPO) ditemukan sebesar 4%.

Pengujian stabilitas Marshall, dan Kuat Tarik Tak Langsung (ITS) kemudian dilakukan terhadap kelompok sampel dengan kadar aspal optimum 6,5% dan kadar PET optimum 4% tersebut. Untuk melihat kinerja stabilitasnya pada situasi terendam banjir, dilakukan pula pengujian Marshall dan ITS pada kelompok sampel yang telah terendam air hujan selama 24 dan 48 jam. Sampel air hujan diperiksa terlebih dahulu dengan kertas lakmus untuk mengetahui bahwa kondisinya asam (pH<7).

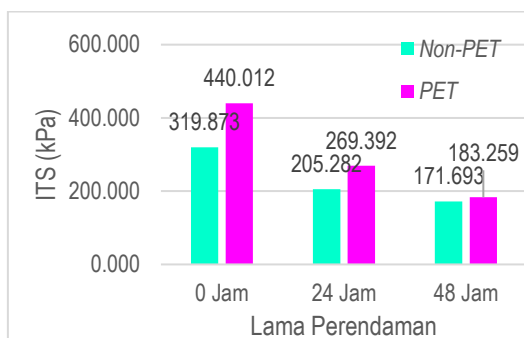
Total jumlah sampel yang diuji setelah KAO dan KPO ditentukan adalah 42 buah, yang terdiri dari 18 untuk pengujian Marshall (6 pada rendaman 0 jam, 6 pada 24 jam, dan , pada 48 jam), 18 untuk ITS (6 pada rendaman 0 jam 6 pada 24 jam, dan 6 pada 48 jam), dan 6 untuk pemeriksaan Cantabro Loss (3 pada kadar PET 0% dan 3 pada KPO). Pengujian statistik ANOVA digunakan untuk memeriksa signifikansi variasi hasil pengujian antar-kelompok sampel.

Hasil Pengujian dan Pembahasan

Gambar 1 menyajikan hasil pengujian stabilitas pada campuran dengan variasi lama perendaman oleh air hujan 0, 24, dan 48 jam. Tampak bahwa modifikasi aspal pen. 60/70 dengan PET 4% berdampak positif pada meningkatnya stabilitas campuran AC-WC. Pada kondisi rendaman 0 hari, stabilitas pada campuran dengan aspal PET 4% lebih tinggi signifikan, yaitu mencapai 10,42%. Pada kondisi rendaman 24 jam hingga 48 jam, nilai stabilitas kedua kelompok campuran sama-sama mengalami penurunan. Pada kondisi ini, nilai stabilitas tidak lagi berbeda secara signifikan.

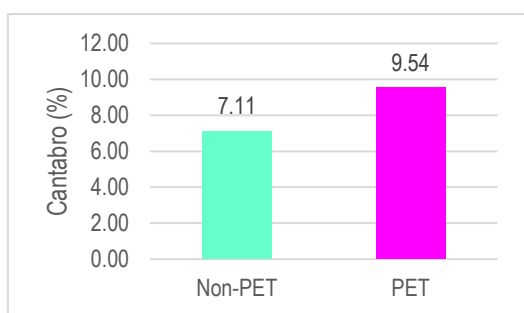


Gambar 1. Variasi nilai stabilitas pada Campuran berbahan ikat non-modifikasi dan termodifikasi PET 4% dengan variasi lama rendaman air hujan



Gambar 2. Variasi nilai ITS pada Campuran berbahan ikat non-modifikasi dan termodifikasi PET 4% dengan variasi lama rendaman air hujan

Pada pengujian ITS (Gambar 2) teramati pula kecenderungan yang sama dengan hasil pengujian stabilitas. Pada kondisi 0 jam yang menggambarkan kondisi lapangan saat tidak turun hujan, nilai ITS pada campuran dengan aspal PET 4% lebih tinggi signifikan, yaitu mencapai 37,56%. Pada kondisi rendaman 24 jam hingga 48 jam, nilai stabilitas kedua kelompok campuran sama-sama mengalami penurunan. Pada kondisi rendaman 24 jam, nilai ITS pada campurn beraspal dengan modifikasi 4% PET masih 31,23% lebih tinggi dibanding campuran kontrol. Namun demikian, nilai ITS kedua kelompok campuran tidak lagi berbeda secara signifikan pada rendaman selama 48 jam.



Gambar 3. Variasi nilai Cantabro Loss pada Campuran berbahan ikat non-modifikasi dan termodifikasi PET 4%

Selanjutnya, nilai Cantabro Loss (Gambar 3) pada campuran dengan bahan ikat aspal termodifikasi 4% PET ditemukan sekitar 2,43% lebih tinggi (nilai kehilangan lebih besar) dibandingkan dengan campuran

berbahan ikat aspal tanpa PET. Berikutnya, hasil analisis ANOVA pada berbagai variasi nilai pengujian disajikan pada Tabel 5 hingga 11.

Table 5. ANOVA Perbedaan nilai Marshall Aspal Non-PET untuk Semua Variasi Rendaman

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Stabilitas	Signifikan	H1 diterima
2	Flow	Signifikan	H1 diterima
3	VITM	Tidak Signifikan	H0 diterima
4	VFWA	Tidak Signifikan	H0 diterima
5	VMA	Tidak Signifikan	H0 diterima
6	MQ	Tidak Signifikan	H0 diterima
7	Density	Tidak Signifikan	H0 diterima

Tabel 6. ANOVA Perbedaan nilai Marshall Aspal PET untuk Semua Variasi Rendaman

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Stabilitas	Signifikan	H1 diterima
2	Flow	Tidak Signifikan	H0 diterima
3	VITM	Tidak Signifikan	H0 diterima
4	VFWA	Tidak Signifikan	H0 diterima
5	VMA	Tidak Signifikan	H0 diterima
6	MQ	Tidak Signifikan	H0 diterima
7	Density	Tidak Signifikan	H0 diterima

Table 7. ANOVA Perbedaan nilai Marshall Variasi Rendaman 0 Jam untuk semua Jenis Aspal

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Stabilitas	Tidak Signifikan	H0 diterima
2	Flow	Signifikan	H1 diterima
3	VITM	Tidak Signifikan	H0 diterima
4	VFWA	Tidak Signifikan	H0 diterima
5	VMA	Tidak Signifikan	H0 diterima
6	MQ	Tidak Signifikan	H0 diterima
7	Density	Tidak Signifikan	H0 diterima

Tabel 8. ANOVA Perbedaan nilai Marshall Variasi Rendaman 24 Jam untuk semua Jenis Aspal

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Stabilitas	Tidak Signifikan	H0 diterima
2	Flow	Tidak Signifikan	H0 diterima
3	VITM	Tidak Signifikan	H0 diterima
4	VFWA	Tidak Signifikan	H0 diterima
5	VMA	Tidak Signifikan	H0 diterima
6	MQ	Tidak Signifikan	H0 diterima
7	Density	Tidak Signifikan	H0 diterima

Tabel 9. ANOVA Perbedaan nilai Marshall Variasi Rendaman 48 Jam untuk semua Jenis Aspal

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Stabilitas	Tidak Signifikan	H0 diterima
2	Flow	Tidak Signifikan	H0 diterima
3	VITM	Tidak Signifikan	H0 diterima
4	VFWA	Tidak Signifikan	H0 diterima
5	VMA	Tidak Signifikan	H0 diterima
6	MQ	Tidak Signifikan	H0 diterima
7	Density	Tidak Signifikan	H0 diterima

Tabel 10. ANOVA Perbedaan nilai ITS Aspal Non-PET untuk semua Variasi Rendaman

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Variasi Rendaman	Signifikan	H1 diterima

Tabel 11. ANOVA Perbedaan nilai ITS Aspal PET untuk semua Variasi Rendaman

No	Parameter	Hasil Analisis	Keterangan
1	Variasi Rendaman	Signifikan	H1 diterima

Pembahasan

Stabilitas

Nilai stabilitas berhasil ditingkatkan cukup signifikan pada campuran berbahan ikat PET 4%. Namun kondisi ini hanya diperoleh pada situasi tidak ada rendaman. Sifat PET yang plastis diperkirakan mengakibatkan nilai stabilitas yang terjadi pada campuran. Indikasi bahwa nilai stabilitas akan lebih rendah seiring bertambahnya lama rendaman diperkirakan dipengaruhi oleh sifat asam dalam air hujan dengan $pH < 7$, yang berdampak pada kelekatan antara aspal dan agregat dalam campuran. Namun demikian, diperlukan pengujian lebih lanjut secara kimiawi untuk memastikannya.

Indirect Tensile Strength (ITS)

Nilai ITS kedua jenis aspal mengalami penurunan yang signifikan seiring bertambahnya lama perendaman dalam air hujan, meskipun penurunan tidak begitu signifikan pada variasi rendaman antara 24 jam dan 48 jam. Gangguan air mengakibatkan penurunan ikatan antara agregat dan aspal akibat perendaman air hujan, yang pada gilirannya menurunkan

nilai ITS kedua jenis campuran tersebut. Sifat asam pada air hujan dengan $pH < 7$ diperkirakan mempengaruhi ikatan kimia antara aspal dan agregat campuran, sehingga nilai ITS mengalami penurunan. Di sisi lain, sifat plastis pada PET menunjukkan bahwa nilai ITS pada semua variasi rendaman lebih tinggi daripada campuran tanpa bahan tambah PET.

Cantabro Loss

Adanya penambahan PET pada bahan ikat campuran menyebabkan nilai Cantabro Loss menjadi semakin besar. Hal ini menunjukkan dengan penambahan PET campuran menjadi lebih mudah aus. Kemungkinan hal ini disebabkan oleh kedua jenis bahan (aspal dan PET) yang belum menjadi homogen sepenuhnya, mengingat pencampurannya dilakukan secara manual dan belum dilakukan pemeriksaan homogenitas secara khusus.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis perhitungan dari karakteristik campuran AC-WC dengan menggunakan PET sebagai bahan tambah campuran terhadap variasi rendaman air hujan dapat disimpulkan nilai kinerja stabilitas campuran dapat diharapkan naik, namun dengan adanya kondisi banjir (perendaman oleh air hujan) yang cukup lama, nilai stabilitas campuran akan menurun sehingga tidak berbeda secara signifikan dengan stabilitas campuran dengan aspal tanpa modifikasi PET.

Pengujian ANOVA juga menunjukkan bahwa pada kadar PET 4%, sifat-sifat volumetrik dan mekanik masih campuran tidak berbeda secara signifikan dengan campuran dengan bahan ikat aspal pen. 60/70 biasa, serta masih dapat diterima oleh spesifikasi AC-WC Bina Marga.

Daftar Pustaka

- Arifin, M. Z. (2008). Pengaruh Penggunaan Komposisi Batu Pecah dan Piroplit Sebagai Agregat Kasar dengan Variasi Kadar Aspal Terhadap Stabilitas dan Durabilitas Campuran HRS (Hot Rolled Sheet). *Rekayasa Sipil*, 2(3), 225-239.

- Direktorat Jendral Bina Marga Revisi 2, 2018. *Spesifikasi Umum Divisi 6*. Penerbit Bina Marga. Jakarta.
- Fauziah, M & Safitri, A, D (2016) Perbandingan Karakteristik Campuran Superpave Dengan Bahan Ikat Aspal Pen 60/70 Dan Retona Blend 55 Pada berbagai Variasi Durasi Rendaman Air Hujan. Proceedings Of The 19th International Symposium of FSTPT.
- Nugroho, A. N. (2018). Pemkot Gencarkan Gerakan Pengurangan Sampah Plastik. Retrieved from <https://tribunnews.com/>
- Nasution, M. F. N. N. (2017). *Pengaruh Penambahan Plastik PET (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Karakteristik Campuran Laston AC-WC Di Laboratorium*. Universitas Sumatra Utara.
- Pasereng, I. S. P. 2014. *Studi Pengaruh Genangan Banjir Jalan Terhadap Kinerja Campuran Perkerasan Beraspal Di Kota Makassar*. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Puspitasari, T. R., Wibisono, G., & Malik, A. (2018) Pengaruh Penambahan Limbah Botol Plastik Terhadap Karakteristik Marshall Pada Beton Aspal Lapis Pengikat. *Jom FTEKNIK* 5(2).
- Prasetyaningtyas, K. P. (2023). Buletin Hujan Bulanan – Updated Juni 2023. Retrieved from <http://182.16.248.153/berita/?p=buletin-hujan-bulanan-updated-juni-2023-2&lang=ID&s=detil>
- Suhardi. S., Pratomo. P. P., dan Ali. H. A. 2016. Studi Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Dengan Penambahan Limbah Botol Plastik. *JRSDD*, Edisi Juni 2016, Vol. 4, No. 2