

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil studi eksperimental yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa integrasi oli bekas sebagai bahan substitusi aspal dan pasir silika sebagai pengganti agregat halus pada campuran aspal AC-WC secara teknis sangat layak untuk diimplementasikan dalam struktur perkerasan jalan, asalkan proporsinya dijaga dengan ketat. Penggunaan oli bekas terbukti berperan efektif sebagai meningkatkan kelenturan (*workability*) serta fleksibilitas campuran, yang sangat berguna untuk mencegah retak pada temperatur rendah. Di sisi lain, karakteristik fisik pasir silika yang memiliki ukuran butir seragam dan tingkat kekerasan tinggi memberikan kontribusi positif dalam pengisian rongga antar agregat (*void filling*), sehingga struktur matriks aspal beton menjadi lebih padat dan stabil secara mekanis. Secara volumetrik, seluruh variasi campuran menunjukkan performa yang baik, di mana nilai rongga dalam campuran (VIM), rongga antar butir agregat (VMA), dan rongga terisi aspal (VFA) tetap berada dalam rentang spesifikasi teknis Bina Marga 2018.
2. Namun, penelitian ini juga mengidentifikasi adanya batasan kritis dalam penggunaan material limbah tersebut, di mana kadar substitusi oli bekas sebesar 4% ditetapkan sebagai batas maksimum yang aman. Penggunaan oli bekas pada kadar yang lebih tinggi, khususnya pada variasi 6%, menyebabkan penurunan nilai stabilitas secara signifikan dan peningkatan nilai kelelahan plastis (*flow*) hingga rata-rata 4,98 mm, yang telah melampaui batas standar maksimum sebesar 4 mm. Hal ini menandakan bahwa campuran menjadi terlalu lunak dan plastis, sehingga berisiko tinggi mengalami deformasi permanen seperti alur (*rutting*) saat menerima beban lalu lintas berat. Dengan menetapkan Kadar Aspal Optimum (KAO) sebesar 6,39%, campuran ini mampu menghasilkan keseimbangan terbaik antara kekuatan struktural dan durabilitas, didukung oleh kualitas aspal penetrasi 60/70 yang memenuhi standar SNI dengan nilai rata-rata penetrasi 65,56 dan berat jenis 1,02.

5.2 Saran

1. Optimasi Kadar dan Pengujian Durabilitas Lanjutan Pemanfaatan substitusi oli bekas disarankan agar dibatasi secara ketat pada rentang 2% hingga 4% untuk menjamin campuran tetap memiliki stabilitas yang memadai dalam menahan beban lalu lintas berat tanpa mengorbankan fleksibilitasnya. Selain itu, sangat diperlukan adanya pengujian durabilitas jangka panjang, seperti uji perendaman Marshall yang lebih lama untuk mendapatkan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) atau uji penuaan (*aging test*), guna mengevaluasi ketahanan material limbah ini terhadap paparan air dan fluktuasi cuaca ekstrem di lapangan.
2. Kajian Mendalam Aspek Manajemen Lingkungan Mengingat oli bekas dikategorikan sebagai Limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun), peneliti selanjutnya perlu melakukan kajian mendalam mengenai aspek manajemen lingkungan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa integrasi limbah kendaraan tersebut ke dalam konstruksi jalan tidak menimbulkan dampak negatif berupa pencemaran tanah atau air di sekitar lokasi perkerasan.
3. Analisis Efisiensi Biaya (*Cost-Benefit Analysis*) Perlu dilakukan analisis efisiensi biaya yang komprehensif untuk mengevaluasi potensi penghematan anggaran pembangunan dan pemeliharaan jalan. Penerapan material alternatif seperti oli bekas dan pasir silika secara massal pada proyek infrastruktur nasional diharapkan dapat memberikan solusi perkerasan jalan yang lebih ekonomis namun tetap memenuhi standar teknis yang berlaku.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standardisasi Nasional. (2016). Sni 1969 : 2016. *Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar, Jakarta : Badan Standardisasi Nasional*, 1–23.
- Badan Standardisasi Nasional. (1998). SNI 03-4804-1998: Metode Pengujian Berat Isi Agregat. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 2417:2008: Cara Uji Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2434:2011: Cara Uji Titik Lembek Aspal dengan Alat Cincin dan Bola (Ring and Ball). Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2442:2011: Cara Uji Berat Jenis Aspal. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2011). SNI 2456:2011: Cara Uji Penetrasi Bahan-Bahan Bitumen. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2012). SNI ASTM C136:2012: Metode Uji untuk Analisis Saringan Agregat Halus dan Agregat Kasar. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2016). SNI 1969:2016: Metode Uji Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Kasar. Jakarta: BSN.
- Badan Standardisasi Nasional. (2018). SNI 2489:2018: Metode Uji Stabilitas dan Pelelehan Campuran Beraspal Panas dengan Menggunakan Alat *Marshall*. Jakarta: BSN.
- Chen, Y., Xu, S., Tebaldi, G., & Romeo, E. (2022). Role of mineral filler in asphalt mixture. *Road Materials and Pavement Design*, 23(2), 247–286. <https://doi.org/10.1080/14680629.2020.1826351>
- Douadi, A., Hebbache, K., Boutlikht, M., Tabchouche, S., Belebchouche, C., Hammouche, R., Del Serrone, G., & Moretti, L. (2023). Physical and Mechanical Effects of Silica Sand in Cement Mortars: Experimental and Statistical Modeling. *Materials*, 16(21), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ma16216861>
- Haoxing, Z., & System, C. (2016). *SNI uji berat jenis dan penyerapan air agregat halus*.
- Li, H., Dong, B., Wang, W., Zhao, G., Guo, P., & Ma, Q. (2019). Effect of waste engine oil and waste cooking oil on performance improvement of aged asphalt. *Applied Sciences (Switzerland)*, 9(9). <https://doi.org/10.3390/app9091767>
- Ma, Q., Guo, Z., Guo, P., Yang, F., & Li, H. (2021). Research on the viscosity-temperature properties and thermal stability of stabilized rubber powder modified asphalt. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24), 1–14. <https://doi.org/10.3390/su132413536>
- Mehmood, R., Jakarni, F. M., Muniandy, R., Hassim, S., Nik Daud, N. N., & Ansari, A. H. (2024). Waste engine oil as a sustainable approach for asphalt rejuvenation and modification: A review. *Heliyon*, 10(23), e40737. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40737>

- Nofrianto, H., & Dwi Astika, S. (2023). Kajian Pasir Silika Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (Ac – Wc) Berdasarkan Uji Marshall. *Jurnal Teknologi dan Vokasi*, 1(2), 53–66. <https://doi.org/10.21063/jtv.2023.1.2.7>
- Rusmana, & Sugiyanto, M. A. (2016). Perbandingan Teknis Aspal Bakar dan Aspal Emulsi. *CIREBON Jurnal Konstruksi*, V(2), 2085–8744.
- Wikipedia. (2020). “Gravel”, Encyclopedia Britannica 11th edition, Short Nonfiction Collection, Vol. 041, Section 6 (reader VfkaBT). *LibriVox*, 1–3.
- Zangaji, I., Yunus, A. Y., & Nurdin, A. R. (2025). Pengaruh Penambahan Oli Bekas Pada Aspal CPHMA Dengan Variasi Perendaman. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 3(3), 343–349. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v3i3.3311>