

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian, analisis data di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Bojonegoro, dan pembahasan yang telah diuraikan pada Bab IV mengenai pemanfaatan serbuk cangkang telur sebagai substitusi *filler* pada campuran AC-BC, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Variasi kadar substitusi *filler* serbuk cangkang telur memberikan pengaruh yang bersifat tidak linear terhadap seluruh parameter karakteristik *Marshall* campuran AC-BC. Nilai stabilitas mengalami penurunan dari kadar 0% ke 25% (2905,26 kg menjadi 2533,96 kg), kemudian meningkat kembali pada kadar 50% dan 75% menjadi 2629,46 kg dan 3006,09 kg. Nilai *flow* menunjukkan pola serupa, yaitu relatif stabil dari 2,52 mm pada kadar 0% menjadi 2,56 mm pada kadar 25%, kemudian meningkat cukup signifikan menjadi 3,23 mm pada kadar 50% dan 3,37 mm pada kadar 75%. Nilai VIM turun dari 4,84% pada kadar 0% menjadi 4,70% pada kadar 25%, lalu naik menjadi 4,98% dan 5,20% pada kadar 50% dan 75%. Nilai VMA mengikuti pola yang sama, yaitu turun dari 17,87% menjadi 17,75% pada kadar 25%, kemudian naik menjadi 17,99% dan 18,17% pada kadar 50% dan 75%. Nilai VFA meningkat dari 72,95% pada kadar 0% menjadi 73,62% pada kadar 25%, kemudian menurun secara konsisten menjadi 72,34% dan 71,45% pada kadar 50% dan 75%. Nilai *Marshall Quotient* (MQ) menunjukkan tren penurunan yang paling konsisten, yaitu dari 1159,57 kg/mm pada kadar 0% menjadi 989,95 kg/mm pada kadar 25% dan 836,90 kg/mm pada kadar 50%, sebelum sedikit meningkat menjadi 905,30 kg/mm pada kadar 75%. Pola perubahan pada seluruh parameter tersebut mengindikasikan bahwa substitusi serbuk cangkang telur memengaruhi interaksi antara *filler*, aspal, dan agregat dalam membentuk mastik serta struktur rongga campuran, sehingga penambahan kadarnya tidak selalu menghasilkan perubahan yang searah pada setiap parameter.
2. Campuran aspal panas AC-BC dengan penambahan limbah serbuk cangkang telur sebagai substitusi *filler* secara umum memenuhi kriteria spesifikasi teknis Bina Marga 2018, yaitu pada parameter stabilitas (minimal 800 kg), *flow* (2-4 mm), VMA (minimal 15%), VFA (minimal 65%), *Marshall Quotient* (minimal

250 kg/mm), dan density (minimal 2 gr/cc), untuk seluruh variasi kadar substitusi yang diuji (0%, 25%, 50%, dan 75%). Namun demikian, pada parameter VIM, hanya kadar substitusi 0%, 25%, dan 50% yang memenuhi rentang spesifikasi sebesar 3%-5%, sedangkan pada kadar substitusi 75% nilai VIM sebesar 5,20% telah melampaui batas atas yang diizinkan sehingga tidak memenuhi spesifikasi. Berdasarkan hasil tersebut, kadar substitusi serbuk cangkang telur sebagai *filler* yang paling optimum dan direkomendasikan untuk campuran AC-BC adalah sebesar 50%, karena pada kadar tersebut seluruh parameter karakteristik Marshall memenuhi spesifikasi teknis secara lengkap dengan nilai kekakuan dan rongga campuran yang seimbang, sehingga limbah serbuk cangkang telur dapat dinyatakan berpotensi digunakan sebagai bahan substitusi *filler* pada campuran AC-BC selama kadar penggunaannya dibatasi secara tepat.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat disampaikan untuk penyempurnaan dan pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu sebagai berikut:

1. Mengingat nilai VIM pada kadar substitusi 75% tidak memenuhi spesifikasi, penelitian selanjutnya disarankan untuk menambah variasi kadar substitusi di sekitar kadar optimum 50%, misalnya 40%, 60%, dan 70%, agar diperoleh kadar optimum yang lebih presisi.
2. Perlu dilakukan pengujian tambahan yang mendukung evaluasi kinerja jangka panjang campuran, seperti uji perendaman (*immersion test*) untuk mengetahui durabilitas, serta uji ketahanan terhadap alur (*rutting*) dan retak (*fatigue*), agar kelayakan penggunaan serbuk cangkang telur sebagai *filler* dapat dinilai secara lebih menyeluruh.
3. Perlu dilakukan kajian lebih lanjut mengenai aspek ekonomis dan lingkungan dari pemanfaatan limbah serbuk cangkang telur sebagai *filler*, guna mendukung penerapannya sebagai material konstruksi jalan yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisy, M. R. (2024). *Sebagai Filler Terhadap Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc) Ditinjau Dari Karakteristik Marshall , Cantabro Dan Its (the Effect of Using Eggshell Powder As Filler on Asphalt Concrete-Binder Course (Ac-Bc) Viewed From the Characteristics O.*
- Arif, S., Program, D., Teknik, S., Universitas, S., & Lamongan, I. (2018). *Alternatif penggunaan plastik polypropylene pada campuran aspal.* 3(1), 140–145.
- Azka, C. N., & Aceh, U. M. (2023). *Perkerasan Jalan* (Issue January).
- Bina Marga. (2018). Spesifikasi umum 2018. *Bina Marga, Revisi 1.*
- Bintara, R., Iffah, N. U. R., Studi, P., Sipil, T., Teknik, F., Dan, S., & Indonesia, U. I. (2025). *Tugas akhir.*
- BPS 2022. (n.d.).
- Cipta, K., & Permukiman, I. (2023). *PUPR 2023.*
- Fathonah, W., Mina, E., Kusuma, R. I., & Salim, N. (2021). *Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Sebagai Bahan Stabilisasi Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Nilai California Bearing Ratio (CBR).* 10(2).
- Ismanto, I. B., & Novianto, H. (2024). Karakteristik Substitusi Recycle Limbah Beton Sebagai Pengganti Sebagian Agregat Untuk Campuran Aspal Concrete Terhadap Nilai Marshall. *Jurnal Cahaya Mandalika*, 5(2), 794–799.
<https://ojs.cahayamandalika.com/index.php/jcm/article/view/3769>
- jasaperbaikanjalan. (2020). *Apa Itu Filler Aspal? Ini Jawaban Lengkapnya!*
- Mashuri, M., & Rahman, R. (2020). Pengaruh Penuaan Aspal Pada Karakteristik Campuran Beton Aspal Lapis Aus AC – WC. *REKONSTRUKSI TADULAKO: Civil Engineering Journal on Research and Development*, 47–56.
<https://doi.org/10.22487/renstra.v1i2.30>
- Parenrengi, H. A., Nurdin, A. R., & Mallawangeng, T. (2026). Pengaruh Penggunaan Abu Cangkang Telur Sebagai Pengganti Sebagian Filler Terhadap Sifat Campuran Aspal Beton (AC-WC) Dengan Perendaman Berulang. *Jurnal Penelitian Teknik Sipil Konsolidasi*, 4(1), 234–245. <https://doi.org/10.56326/jptsk.v4i1.5067>
- Rizkia Anju, S., Ayu Oka Suwati Sideman, I., & Hasyim, dan. (2025). *Analisis Kinerja Volumetrik Dan Mekanis Campuran Ac-Bc Dengan Filler Genteng Tanah Liat Dan Cangkang Telur.* 62, 553–560.
- Shafabakhsh, G., Sadeghnejad, M., Hejazi, S. K., & Shirazi, A. (2024). Evaluation the Rheological Behavior of Asphalt Binder, Fracture Resistance and Moisture

- Susceptibility of Asphalt Mixtures: Before and After Adding Nano Fe₂O₃.
International Journal of Pavement Research and Technology.
<https://doi.org/10.1007/s42947-024-00437-9>
- Sinta, D., Henggar, D., Destania, R., & Rizky, M. (2024). *Analisis Pemanfaatan Serbuk Cangkang Telur Terhadap Kuat Tekan Beton Geopolimer Analysis of Egg Shell Powder Utilization on the Compressive Strength of Geopolymer Concrete*. 2, 2–7.
- Syach, F., Maulana, A., & Muhlis, M. (2024). *Perkerasan Jalan Raya (Efficiency and Effectiveness of Asphalt Use in Highway Paving)*. 93–101.
- UNITED NATIONS 2016. (n.d.).
- Wikipedia. (2020). “Gravel”, Encyclopedia Britannica 11th edition, Short Nonfiction Collection, Vol. 041, Section 6 (reader VfkaBT). *LibriVox*, 1–3.
- Yonas Prima Arga Rumbyarso, R. B. U. (2021). 139-Article Text-319-1-10-20211120 (1). <https://Jurnal.Wastukancana.Ac.Id/Index.Php/Teknologika/Article/View/139>, Vol 11 No, 3.
<https://jurnal.wastukancana.ac.id/index.php/teknologika/article/view/139>
- Yuniarti, R., Hasyim, H., Hariyadi, H., & Handayani, T. (2019). Penggunaan Limbah Kaca Sebagai Filler Pada Campuran Perkerasan Aspal Panas. *Jurnal Teknik Sipil*, 26(3), 265–272. <https://doi.org/10.5614/jts.2019.26.3.10>
- Zahra, D. A. Z., & Sukirman, S. (2023). *Studi Banding Nilai Parameter Marshall Perkerasan AC-WC Menggunakan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 1 dan KP 14 Tahun 2021*. 591–596.