

Karakteristik *Marshall* Campuran AC-WC Menggunakan Batu Sungai Ilan Batu Kecamatan Walenrang Barat Kabupaten Luwu

Rigel Ancenar Kent ^{*a}

Submit:
30 Januari 2026

Review:
14 Februari 2026

Revised:
10 Maret 2026

Published :
31 Maret 2026

Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, Indonesia, ancenarrigel@gmail.com

^a**Corresponding Author :** ancenarrigel@gmail.com

Abstrak

Lapisan AC-WC sebagai lapisan teratas pada struktur perkerasan Jalan yang terpapar langsung oleh suhu, air dan beban roda kendaraan. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik Sungai Ilan Batu dalam campuran AC-WC. Metode uji karakteristik agregat halus dan kasar digunakan di penelitian ini, yang berpedoman pada standar Spesifikasi Umum Revisi 2 Bina Marga. Selanjutnya, penyusunan komposisi campuran (AC-WC) dirancang dan pengujian *marshall* digunakan guna mengevaluasi karakteristik campuran. Untuk menilai campuran terhadap air, metode *marshall immersion* digunakan. Ini menghasilkan nilai stabilitas sisa Marshall. Data penelitian memperlihatkan karakteristik agregat dari Sungai Ilan Batu telahenuhi seluruh persyaratan spesifikasi teknis sebagai material untuk lapisan perkerasan jalan. Campuran AC-WC yang digunakan memuat agregat kasar sebesar 35,81%, agregat halus 52,98%, *filler* 5,21%, dan kadar aspal 6,00%. Berdasarkan hasil percobaan dengan rentang variasi kadar aspal 5,50% hingga 7,50%, disimpulkan kadar aspal optimum (KAO) untuk campuran ini sejumlah 6,00%. Hasil pengujian Marshall Immersion terhadap campuran pada KAO tersebut memperlihatkan nilai stabilitas sisa sebesar 66,20%.

Kata Kunci : AC-WC, Agregat, Pengujian *Marshall*

Abstract

The AC-WC layer as the top layer in the road pavement structure is directly exposed to temperature, water and vehicle wheel loads. This study aims to determine the characteristics of the Ilan Batu River in the AC-WC mixture. The test method for fine and coarse aggregate characteristics was used in this study, which is guided by the General Specification Revision 2 of Bina Marga standards. Furthermore, the composition of the mixture (AC-WC) was designed and the Marshall test was used to evaluate the characteristics of the mixture. To assess the mixture against water, the Marshall immersion method was used. This resulted in the Marshall residual stability value. The research data shows that the aggregate characteristics of the Ilan Batu River have met all the technical specification requirements as a material for road pavement layers. The AC-WC mixture used contains 35.81% coarse aggregate, 52.98% fine aggregate, 5.21% filler, and 6.00% asphalt content. Based on the results of experiments with a range of asphalt content variations of 5.50% to 7.50%, it was concluded that the optimum asphalt content (KAO) for this mixture was 6.00%. The results of the Marshall Immersion test on the mixture in KAO showed a residual stability value of 66.20%.

Keywords : Aggregate, AC-WC, Marshall Testing

PENDAHULUAN

Infrastruktur jalan raya di Indonesia saat ini menjadi salah satu pembangunan yang sangat penting dalam menunjang aktivitas masyarakat sehari-hari. Infrastruktur jalan di Indonesia banyak menggunakan jenis perkerasan lentur (*flexible pavement*). Aspal digunakan untuk bahan pengikat pada perkerasan lentur. Beban lalu lintas ditopang serta didistribusikan oleh lapisan-lapisan perkerasan.[1] Jalan raya merupakan infrastruktur penting untuk akses transportasi darat, kondisi perkerasan jalan harus diperhatikan. Jalan sangat penting untuk memfasilitasi berbagai kegiatan masyarakat, termasuk distribusi dan mobilisasi produk dan jasa.[2] Perkembangan jalan di Toraja mengalami peningkatan yang cukup pesat. Pertumbuhan jumlah penduduk mendorong peningkatan kebutuhan prasarana transportasi yang aman, nyaman, serta mudah dijangkau. Kondisi tersebut berdampak pada tingginya permintaan agregat untuk pembangunan jalan. Untuk mendukung tercapainya pemenuhan kebutuhan, diperlukan pemanfaatan sumber daya alam secara optimal agar dapat mendukung ketersediaan agregat dalam proses pembangunan infrastruktur.[3] Jalan raya ialah salah satu infrastruktur prasarana transportasi yang dibuat oleh manusia yang berfungsi untuk memudahkan masyarakat guna kepentingan mobilisasi setiap harinya. Sebagai aset ekonomi publik yang strategis, infrastruktur jalan harus dipelihara secara berkelanjutan agar tingkat pelayanannya tetap terjaga.[4] Lapisan permukaan jalan terletak di atas base dan subbase yang sudah dipadatkan. Lapisan ini menahan beban lalu lintas, menyebarkannya baik secara horizontal ataupun vertikal, kemudian menyalurkannya ke *subbase* agar beban yang diterima tidak melebihi kapasitas pendukungnya. Perkerasan jalan terdiri atas satu ataupun lebih lapisan batuan serta material komposit. Agar perkerasan berfungsi optimal, perencanaannya harus dilakukan dengan tepat dan setiap komponen utama sistem.[5]

Untuk memaksimalkan penggunaannya dan mengurangi ketergantungan pada sumber daya yang datang dari luar daerah, disarankan agar bahan lokal digunakan untuk pengaspalan jalan.[6] Dalam bidang konstruksi jalan, perkerasan terbagi menjadi dua tingkatan, yakni kelas A serta kelas B. Perbedaan keduanya didasarkan pada karakteristik gradasi agregat yang dipakai serta kondisi beban lalu lintas yang direncanakan dan aspek penggunaan.[7] Fungsi utama perkerasan jalan adalah agar beban roda kendaraan dapat didistribusikan ke tanah dasar secara lebih luas daripada bidang interaksi antara roda permukaan jalan, oleh karena itu, besarnya tegangan maksimum yang muncul pada tanah dasar harus diperhatikan karena berpengaruh langsung terhadap kinerja perkerasan.[8] Beton aspal adalah jenis konstruksi perkerasan lentur di mana campuran agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta aspal digunakan untuk bahan pengikat. Pemecahan batuan, juga dikenal sebagai *filler*, dapat terjadi secara alami atau buatan.[9] Campuran AC-WC, yang merupakan lapisan atas campuran beton, harus rata, tahan lama, kedap air, dan memiliki daya gesek antar roda yang baik. Namun, kinerja campuran AC-WC akan terpengaruh oleh perubahan iklim serta beban lalu lintas. Tujuan penggunaan *filler* dalam campuran beton ialah meningkatkan kinerja campuran AC-WC.[10]

Lapisan beton aspal dibuat saat membangun jalan raya dengan mencampur aspal dengan agregat bergradasi menerus, menyebarkannya, serta memadatkannya di suhu tertentu saat masih panas.[11] Lapisan AC-WC, yang merupakan lapisan paling atas dari beton aspal, berfungsi secara non-struktural untuk menerima beban serta mendistribusikannya ke lapisan di bawahnya. Lapisan ini juga kedap air guna mencegah air merembes ke lapisan di bawahnya.[12] Beton Aspal AC-WC digunakan sebagai campuran untuk membangun perkerasan jalan. Campuran ini memuat agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta aspal dengan proporsi yang sudah ditentukan. Lapisan yang terbentuk dari campuran tersebut harus mempunyai sifat kedap udara, bernilai struktural, dan kuat sehingga dapat bertahan lama.[13] Kelebihan beton aspal terletak pada interaksi antara butiran-butiran agregat yang saling mengunci dan memberikan kekuatan struktural pada lapisan jalan (Lagaligo et al., 2022). Untuk memastikan campuran kuat dan tahan terhadap beban yang diberikan,

pengujian karakteristik dilakukan. Selain itu, karena akan memengaruhi kualitas akhir campuran, komposisi campuran perlu diketahui. Lihat Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk memastikan campuran aspal sesuai dengan tujuan penggunaannya.[14] *Asphalt Concrete* (AC) ialah salah satu jenis lapisan permukaan pada prasarana jalan. Lapisan permukaan beton aspal terdiri *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC), *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) serta *Asphalt Concrete-Base* (AC-Base)[15].

Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik aspal dan berat jenis *filler* dalam campuran AC-WC, mengetahui komposisi campuran AC-WC, mengetahui karakteristik *Marshall* campuran AC-WC berdasarkan hasil uji *Marshall* konvensional dan nilai Stabilitas *Marshall* sisa dari uji rendaman (*marshall immersion*) menggunakan batu dari Sungai Ilan Batu Kabupaten Luwu.

METODOLOGI

A. Lokasi Pengambilan Agregat (Batu Sungai)

Pengambilan agregat langsung di Sungai Ilan Batu Kabupaten Luwu Sulawesi Selatan Sebanyak 21.600g, jumlah benda uji yang digunakan adalah 18 sampel.



Gambar 1. Pengambilan Agregat



Gambar 2. Lokasi pengambilan Agregat

Pengambilan sampel dilakukan dengan cara manual yang dimasukkan ke dalam karung. Jumlah yang diambil dalam 2 karung. Kemudian diangkut dan dibawa ke laboratorium.

B. Teknik Analisis Data

Metode penelitian yang diaplikasikan di penelitian ini menggunakan metode eksperimental. Untuk menjadi tolok ukur dan acuan dalam penelitian. setelah pengambilan agregat sehingga dilakukan penelitian untuk mendapatkan data hasil penelitian. Setelah itu data penelitian dibandingkan dengan Spesifikasi Bina Marga 2018. Kegiatan penelitian dapat dilanjutkan ke langkah-langkah berikutnya, seperti pembuatan komposisi campuran AC-WC, benda uji, uji Marshall konvensional, penentuan nilai kadar optimum, pembuatan benda uji campuran KAO, analisis dan membahas hasil, dan membuat kesimpulan dan saran jika hasil pengujian memenuhi standar. Tetapi jika data penelitian tidak memenuhi, sehingga akan ditinjau ulang untuk beberapa penelitian bahan yang tidak memenuhi spesifikasi, kemudian dibandingkan dengan spesifikasi kembali dan dilanjutkan ke pengujian berikutnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Karakteristik Agregat, Filler, dan Aspal

1. Karakteristik Agregat dan Filler

Hasil uji keausan agregat yang dilakukan dengan alat abrasi Los Angeles menunjukkan ketahanan agregat terhadap kerusakan dan benturan. Nilai keausan untuk Fraksi A, B, C, serta D masing-

masing sejumlah 15,28%, 13,64%, 11,26%, dan 9,36%. Selanjutnya, hasil uji berat jenis serta penyerapan agregat kasar dengan dua sampel menunjukkan *Bulk Specific Gravity* sebesar 2,68%, nilai SSD sebesar 2,69%, nilai semu 2,72%, serta penyerapan air 0,55%. Nilai bulk sebesar 2,62%, SSD sebesar 2,63%, nilai semu sebesar 2,69%, serta penyerapan air sebesar 0,91% diperoleh dari uji berat jenis dan serapan agregat halus.. Nilai *Sand Equivalent* (SE) rata-rata sejumlah 95,59% serta kadar lumpur sebesar 4,41% diperoleh dari uji kadar lumpur menggunakan dua sampel. Uji indeks kepipihan pada agregat kasar menunjukkan hasil 6,69%, 8,73%, 2,63%, dan 0,00%, sedangkan indeks kelongongan sebesar 8,49%, 7,54%, 5,47%, dan 0,00%. Uji kelekatan aspal menghasilkan nilai 95,00 yang menunjukkan bitumen yang digunakan berkualitas baik. Material yang lolos saringan No. 200 tercatat sebesar 5%, sedangkan berat jenis *filler* diperoleh 2,28%. Seluruh hasil pengujian material, meliputi keausan, berat jenis dan penyerapan, analisis saringan, kadar lumpur, indeks kepipihan dan kelongongan, kelekatan aspal, material lolos saringan No. 200, serta berat jenis *filler*, secara keseluruhan memenuhi kriteria yang ditetapkan dalam Spesifikasi Umum Revisi 2 Bina Marga.

2. Analisis Karakteristik Aspal

Penetrasi pada suhu 25°C menghasilkan 69,6 dmm yang berada dalam kisaran persyaratan (60–79). Uji daktalitas pada suhu yang sama menunjukkan nilai 133,7 cm, melebihi batas minimum 100 cm. Pengujian titik lembek bitumen menggunakan dua sampel memperlihatkan bahwa pada sampel pertama bitumen mulai melunak pada suhu 49°C dengan waktu 25'23.70", sedangkan pada sampel kedua bitumen melunak pada suhu 50°C dengan waktu yang sama. Selanjutnya, uji titik nyala dan bakar menunjukkan bahwa suhu 260°C dengan waktu 00'37,32" mulai muncul nyala api, dan pada suhu 280°C dengan waktu 00'37,32" terjadi pembakaran. Nilai tersebut sesuai dengan kriteria rentang suhu 79,4°C–287,7°C dengan durasi kurang dari 5 detik pada saat munculnya nyala pertama. Uji berat jenis bitumen menghasilkan nilai 1,026 gr/cc, lebih tinggi dari batas minimal 1 gr/cc. Uji kehilangan berat menunjukkan hasil 0,08%, masih di bawah batas maksimum 0,8%. Sementara itu, hasil uji penetrasi TFOT adalah 65,1 dmm, lebih besar dari batas minimum 54 dmm. Secara keseluruhan, hasil seluruh pengujian sifat bitumen (penetrasi, daktalitas, titik lembek, titik nyala, titik bakar, berat jenis, kehilangan berat, serta penetrasi TFOT) sudah memenuhi persyaratan yang tercantum di Spesifikasi Umum Revisi 2 Bina Marga.

B. Komposisi Campuran

Berdasarkan hasil penelitian, campuran AC-WC menggunakan agregat dari Sungai Ilan Batu diformulasikan dengan lima variasi kadar aspal, yakni 5,50%, 6,00%, 6,50%, 7,00%, serta 7,50%. Proporsi komposisi masing-masing variasi campuran disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Campuran AC-WC pada Setiap Variasi Kadar Aspal

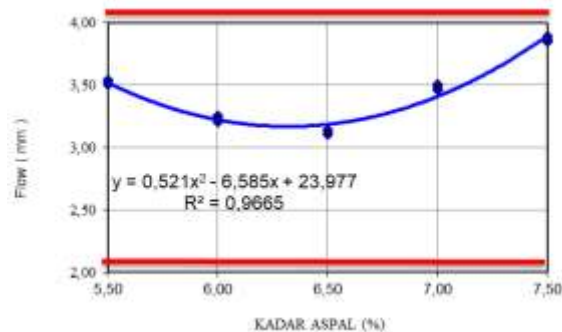
Kadar Aspal (%)	Agregat Kasar (%)	Agregat Halus (%)	Filler (%)
5,50	35,96	53,28	5,26
6,00	35,81	52,98	5,21
6,50	35,66	52,68	5,16
7,00	35,51	52,38	5,11
7,50	35,36	52,08	5,06

C. Pengujian Karakteristik Marshall Campuran AC-WC

1. Analisis Terhadap Stabilitas

Adapun kadar aspal yang diaplikasikan adalah kadar 5,5% - 7,5% penelitian ini didapatkan nilai Stabilitas antara 2211.75 kg – 2268.86 kg. Jika kadar aspal mencapai nilai optimum, sehingga

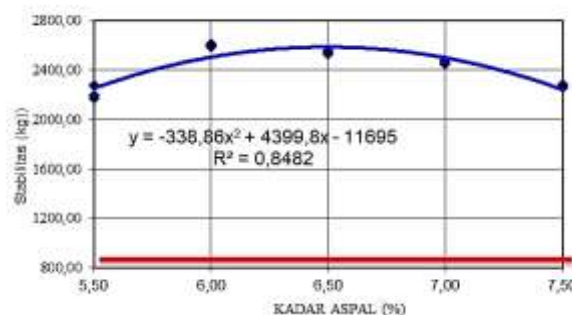
menghasilkan nilai stabilitas yang maksimum pula. Apabila stabilitas telah mencapai batas nilai maksimum kadar aspal sehingga kadar aspal yang melebihi kadar aspal optimumnya dapat menyebabkan stabilitas akan menurun dapat menyebabkan timbulnya *bleeding* pada permukaan.



Gambar 2. Hubungan Stabilitas dan Kadar Aspal

2. Analisis Terhadap Flow

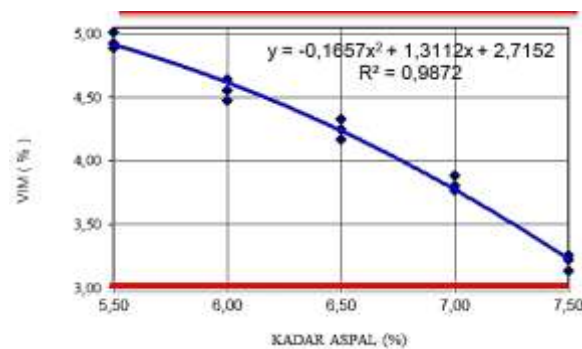
Dengan kadar aspal 5,5% - 7,5% didapatkan *flow* 3.52% - 3.87 %. Aspal yang banyak mengakibatkan bertambahnya nilai kelelahan plastis (*flow*). Campuran aspal yang kecil menghasilkan ikatan yang lebih lemah antar agregat, yang mengakibatkan kelelahan besar. Namun, persentase aspal yang lebih tinggi memperkuat ikatan antar agregat campuran, yang mengurangi kelelahan. Selain itu, lapisan aspal menjadi lebih tebal dan kehilangan kekuatan seiring dengan peningkatan kadar aspal. Di sisi lain, peningkatan kelelahan akan menghasilkan campuran yang kekuatan dan stabilitasnya berbanding terbalik dengan kelelahan.



Gambar 3. Hubungan Flow dan Kadar Aspal

C. Analisis Terhadap VIM

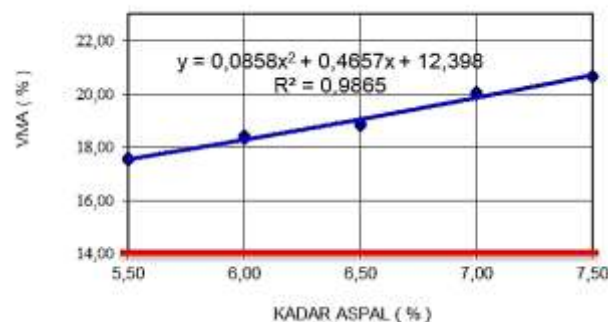
Nilai VIM berkisar antara 4,94% hingga 3,20% dengan kadar aspal 5,5% sampai 7,5%. Dapat disimpulkan bahwa VIM akan menurun seiring peningkatan kadar aspal serta meningkat seiring dengan penurunan kadar aspal, kondisi tersebut disebabkan sebab fungsi aspal tidak hanya sebagai pengikat, aspal juga sebagai bahan pengisi rongga dalam campuran diisi oleh bahan pengisi sehingga struktur perkerasan menjadi lebih rapat antara agregat dan rongga yang berada dalam partikel agregat. Kadar aspal yang makin tinggi menyebabkan nilai VIM juga akan semakin juga sebaliknya, nilai VIM akan menjadi makin besar jikalau kadar aspal yang dipakai makin kecil, sebab fungsi aspal adalah sebagai bahan pengikat serta pengisi rongga dalam campuran aspal itu sendiri sehingga rongga udara yang berlebihan dapat mempermudah masuknya air dan udara ke dalam campuran, sehingga campuran rentan mengalami oksidasi, pengerasan, pengelupasan (*stripping*).



Gambar 4. Hubungan VIM dan Kadar Aspal

D. Analisis Terhadap VMA

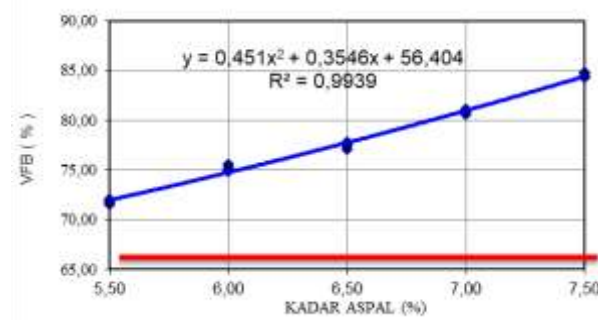
Nilai VMA berkisar 17,54% sampai 20,66% Ketika kadar aspal berada antara 5,5% - 7,5. VMA. Suhu pemadatan yang lebih rendah sebelum aspal masuk ke dalam rongga partikel agregat dapat menyebabkan lapisan aspal yang lebih tebal. Aspal tidak hanya melapisi agregat, tetapi juga mengisi rongga di antara serta di partikel agregat.



Gambar 5. Hubungan VMA dan Kadar Aspal

E. Analisis Terhadap VFB

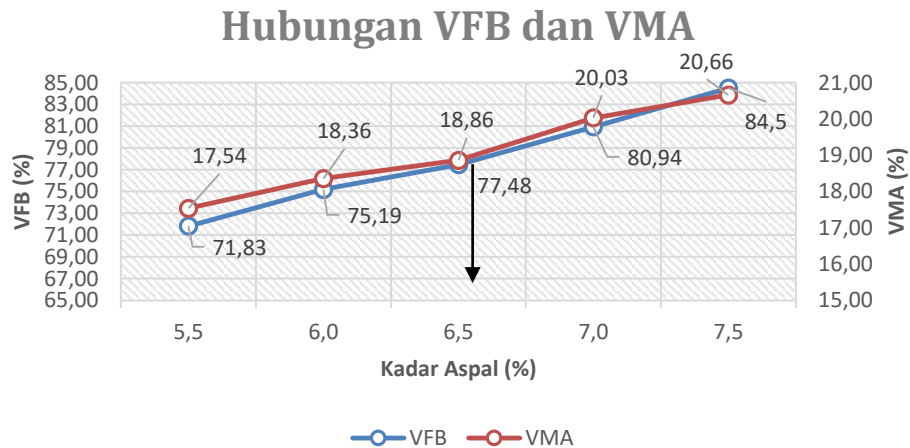
Nilai VFB berkisar antara 71,83% hingga 84,50% serta kadar aspal antara 5,5% sampai 7,5%. Semakin rendah nilai kadar aspal, sehingga nilai VFB makin rendah pula, begitupun sebaliknya. hasil evaluasi menunjukkan bahwa semakin rendah nilai kadar aspal, sehingga nilai VFB semakin rendah pula, begitupun sebaliknya.



Gambar 6. Hubungan VFB dan Kadar Aspal

F. Perbandingan VFB dan VMA

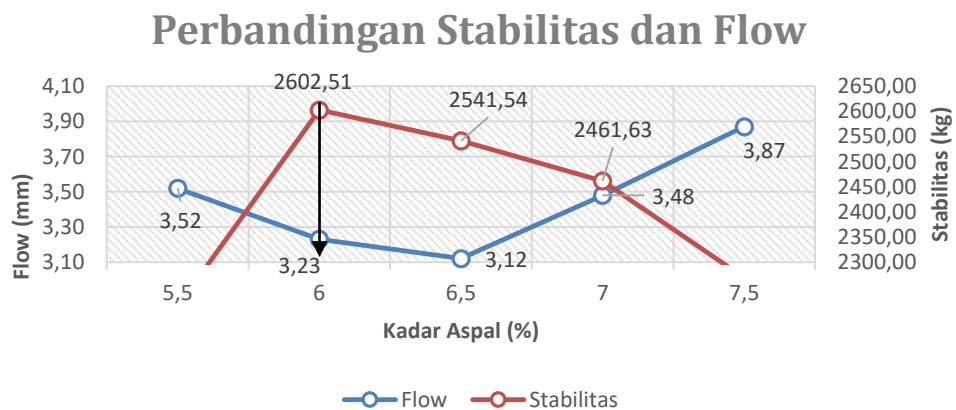
Kenaikan kadar aspal nilai VFB dan VMA, titik pertemuan VFB dan VMA pada kadar aspal 6,5%. Jika VMA terlalu tinggi menyebabkan kerusakan pada campuran atau retak. VFB terlalu tinggi menyebabkan *bleeding* pada campuran.



Gambar 7. Grafik Hubungan VFB dan VMA

G. Perbandingan Stabilitas dan *Flow*

Jika stabilitas terlalu tinggi namun *flow* rendah, sehingga campuran cenderung menjadi kaku serta getas sehingga mudah retak, terutama pada suhu rendah. Sebaliknya, jika stabilitas rendah dan *flow* terlalu tinggi, campuran menjadi terlalu lunak dan rentan terhadap deformasi permanen seperti *rutting* dan *shoving* akibat lalu lintas. Oleh karena itu, keseimbangan antara stabilitas dan *flow* sangat esensial untuk menjamin kinerja perkerasan aspal yang optimal



Gambar 8. Grafik Perbandingan Stabilitas dan *Flow*

SIMPULAN

Hasil penelitian menemukan campuran AC-WC mempunyai kadar aspal sejumlah 6,0%, agregat kasar sejumlah 35,51%, agregat halus sejumlah 52,38%, serta *filler* sejumlah 5,11%. Campuran AC-WC yang terbuat dari batu sungai Ilan Batu memenuhi persyaratan berdasarkan hasil uji karakteristik Marshall. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan pengujian durabilitas dan *drain down* pada campuran AC-WC.

REFERENSI

- [1] Antoneta Runesi, Mauritius I. R Naikofi, ST., MT, Christiani C. Manubulu, ST., M. Eng, Stephanus Ola Demon, ST., MT, and Gregorius P. Usboko, ST., MT, “Analisis Pengaruh Variasi Bottom Ash Sebagai Pengganti Agregat Halus (Pasir) Dalam Campuran Lapis Aspal Beton (Laston) Asphalt Concrete-Wearing Course (Ac-Wc) Dengan Motede Marshall,” *Konf. Nas. Tek. Sipil*, vol. 2, no. 6, pp. 24–26, 2025, doi: 10.62603/konteks.v2i6.282.
- [2] M. Ubaidillah and I. Sholichin, “Pengaruh Penambahan Abu Daun Bambu Sebagai Bahan Pengisi (Filler) Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Beton AC-WC,” *J. Soc. Sci. Res.*, vol. 3, no. 3, pp. 8312–8332, 2023, [Online]. Available: <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- [3] A. D. Sandabunga, N. Ali, and R. Rachman, “Karakteristik Campuran SMA Kasar Menggunakan Batu Sungai Sa’dan Kecamatan Sesean Toraja Utara,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 2, no. 4, pp. 282–288, 2021, doi: 10.52722/pcej.v2i4.186.
- [4] I. Nofriandi, W. Alamsyah, and E. N. Lydia, “Studi Penambahan Variasi Campuran Plastik Jenis Hdpe Pada Campuran Aspal Penetrasi 60/70 Untuk Lapis Aus Ac-Wc,” *J. Tek. Sipil*, vol. 12, no. 2, pp. 116–123, 2023, doi: 10.24815/jts.v12i2.31207.
- [5] A. Firda, B. Djohan, H. Jimmyanto, dan D. Febrianty, “Pengaruh Penambahan Plastik (Polyethylene Terephthalate) pada Campuran AC-WC (Asphalt Concrete – Wearing Course) terhadap Karakteristik Marshall,” *Jurnal Deformasi*, vol. 7, no. 2, pp. 127–144, 2022..
- [6] E. Bunga, A. Alpius, and L. E. Radjawane, “Pemanfaatan Batu Gunung Bou Buya Kabupaten Poso Untuk Campuran Ac-Wc,” *FROPIL (Forum Prof. Tek. Sipil)*, vol. 10, no. 1, pp. 10–17, 2022, doi: 10.33019/fropil.v10i1.2909.
- [7] C. Kamba and R. Rachman, “Marshall Characteristics Test On Hot Rolled Sheet Base Combine Using Nickel Slag For Half Gap Graded,” *Int. J. Innov. Sci. Eng. Technol.*, vol. 5, no. 3, pp. 14–19, 2018.
- [8] N. Dirgahayu, R. Rachman, and Alpius, “Karakteristik Campuran AC-BC Yang Menggunakan Batu Sungai Sadang Kecamatan Duampanua Kabupaten Pinrang,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 4, no. 1, pp. 109–114, 2022, doi: 10.52722/pcej.v4i1.383.
- [9] R. H. Naqamukti, A. Suryadi, and U. R. Pudjowati, “Karakteristik Campuran Beton Aspal (Ac-Wc) Dengan Menggunakan Variasi Kadar Filler Limbah Gypsum,” *J. Online Skripsi Manaj. Rekayasa Konstr.*, vol. 5, no. 4, pp. 99–108, 2024, doi: 10.33795/jos-mrk.v5i4.5848.
- [10] H. A. Susanto, “Pengaruh Penggunaan Filler Pasir Besi Dan Semen Dalam Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC),” *Techno (Jurnal Fak. Tek. Univ. Muhammadiyah Purwokerto)*, vol. 21, no. 1, p. 37, 2020, doi: 10.30595/techno.v21i1.7230.
- [11] N. T. M. Mustakim, and I. Fadly, “Perbandingan Kinerja Marshall Pada Campuran Aspal AC-WC Menggunakan Plastik Polypropilene (PP) Dan Plastik High Density Polyethylene (HDPE),” *Sultra Civ. Eng. J.*, vol. 5, no. 2, pp. 363–373, 2024, doi: 10.54297/sciej.v5i2.661.
- [12] L. E. Radjawane, “Durabilitas Campuran AC-WC Menggunakan Batu Gunung Baba, Tana Toraja,” *Rekayasa Sipil*, vol. 17, no. 1, pp. 101–105, 2023, doi: 10.21776/ub.rekayasasipil.2023.017.01.14.
- [13] R. N. Sasongko, “Perbandingan Penggunaan Filler Semen Dengan Filler Kapur Pada Karakteristik Campuran Ac-Wc Akibat Pengaruh Masa Perendaman Air,” *J. Civ. Eng. Study*, vol. 3, no. 01, pp. 103–114, 2023, doi: 10.34001/10.34001/ces.03012023.12.
- [14] F. J. Jusuf, Alpius, and Elizabeth, “Studi Pemanfaatan Batu Sungai Sibangke Kabupaten Toraja Utara Pada Campuran SMA Kasar,” *Paulus Civ. Eng. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 106–112, 2021, doi: 10.52722/pcej.v3i1.213.
- [15] R. Rachman, “Variasi Suhu Pemadatan Campuran Ac-Wc Menggunakan Batu Sungai Balusu Kabupaten Toraja Utara,” *Matriks Tek. Sipil*, vol. 9, no. 1, p. 23, 2021, doi: 10.20961/mateksi.v9i1.49248.