

Perbandingan Kinerja Campuran Aspal (AC-WC) Menggunakan Agregat Dari Quarry Lubuk Alung Dan Quarry Halaban Berdasarkan Metode Bina

Nailatul Fadillah , Selpa Dewi , Zuheldi 

Universitas Muhammadiyah
Sumatera Barat, Indonesia

Abstrak. Kinerja campuran aspal sangat dipengaruhi oleh karakteristik agregat sebagai komponen utama campuran. Penelitian ini bertujuan membandingkan kinerja campuran Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) menggunakan agregat Quarry Lubuk Alung dan Quarry Halaban serta menentukan sumber agregat yang memberikan kinerja terbaik berdasarkan parameter Marshall dan permeabilitas. Penelitian dilakukan secara eksperimen di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatera Barat. Agregat berasal dari Quarry Lubuk Alung, Kabupaten Padang Pariaman, dan Quarry Halaban, Kabupaten Lima Puluh Kota, sedangkan bahan pengikat yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5%; dan 6,0%. Parameter yang dianalisis meliputi stabilitas, flow, VIM, VMA, VFA, Marshall Quotient (MQ), dan permeabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kadar optimum, campuran dengan agregat Lubuk Alung menghasilkan stabilitas 920 kg, flow 3,5 mm, VIM 3,8%, MQ 262,9 kg/mm, VMA 16,2%, VFA 76,5%, dan permeabilitas 0,25 cm/detik. Campuran Halaban menghasilkan stabilitas 865 kg, flow 3,8 mm, VIM 4,2%, MQ 227,6 kg/mm, VMA 15,8%, VFA 73,4%, dan permeabilitas 0,32 cm/detik. Kadar aspal optimum masing-masing adalah 4,40% untuk Lubuk Alung dan 4,35% untuk Halaban. Secara keseluruhan, kedua agregat dapat digunakan untuk campuran AC-WC pada kondisi pengujian penelitian, dengan campuran Lubuk Alung menunjukkan kinerja yang lebih tinggi pada parameter mekanis dan pola perubahan yang lebih konsisten.

Kata kunci : AC-WC, Agregat, Lubuk Alung, Halaban, Marshall, Permeabilitas, Bina Marga

*Penulis yang sesuai : fadillahnailatul62@gmail.com

1. Pendahuluan

Jalan merupakan prasarana transportasi darat yang berperan penting dalam menghubungkan kawasan permukiman, kegiatan ekonomi, pertanian, perdagangan, dan berbagai aktivitas masyarakat. Perkembangan aktivitas transportasi meningkatkan volume kendaraan yang melintas pada ruas jalan dan menuntut tersedianya perkerasan dengan mutu yang memadai. Perkerasan lentur menjadi salah satu jenis konstruksi yang banyak digunakan karena mampu menerima dan menyebarkan beban lalu lintas melalui susunan lapisan perkerasan. Salah satu bagian penting pada perkerasan lentur adalah campuran aspal panas, terutama lapisan Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC) yang berada pada permukaan dan menerima pengaruh langsung dari kendaraan serta lingkungan.

Campuran aspal panas tersusun atas agregat kasar, agregat halus, filler, dan aspal sebagai bahan pengikat. Agregat merupakan komponen dominan, sekitar 90–95% dari berat campuran, sehingga karakteristik agregat berpengaruh besar terhadap mutu campuran. Bentuk, tekstur permukaan, gradasi, berat jenis, penyerapan, kekuatan, dan ketahanan terhadap keausan merupakan karakteristik yang dapat memengaruhi interlocking, stabilitas, rongga campuran, dan keawetan perkerasan. Agregat yang berasal dari sumber berbeda dapat mempunyai karakteristik yang berbeda karena kondisi geologi, jenis batuan, tingkat pelapukan, kandungan mineral, serta proses pengolahan material.

Provinsi Sumatera Barat mempunyai beberapa sumber agregat yang digunakan untuk pekerjaan konstruksi jalan, di antaranya Quarry Lubuk Alung di Kabupaten Padang Pariaman dan Quarry Halaban di Kabupaten Lima Puluh Kota. Walaupun kedua quarry menghasilkan material batu pecah, perbedaan sumber material dapat menghasilkan karakteristik fisik dan mekanis yang tidak sama. Perbedaan tersebut perlu diuji untuk mengetahui pengaruhnya terhadap kinerja campuran AC-WC.

Metode Marshall digunakan dalam penelitian untuk mengevaluasi karakteristik campuran melalui stabilitas, flow, density, VIM, VMA, VFA, dan Marshall Quotient. Selain itu, penelitian juga mempertimbangkan permeabilitas untuk melihat kemampuan campuran dalam meloloskan air melalui rongga yang tersedia. Hubungan antarkomponen tersebut penting karena campuran dengan rongga yang terlalu besar dapat lebih mudah meloloskan air, sedangkan rongga yang terlalu kecil dapat memengaruhi ketahanan campuran terhadap perubahan volume dan kondisi lingkungan.

Rumusan masalah penelitian mencakup karakteristik fisik agregat dari kedua quarry, karakteristik campuran berdasarkan pengujian Marshall, perbandingan kinerja campuran, serta penentuan sumber agregat berdasarkan hasil pengujian dan persyaratan spesifikasi. Tujuan penelitian adalah menganalisis karakteristik agregat, mengetahui karakteristik campuran dari masing-masing sumber, membandingkan parameter Marshall, dan menentukan kadar aspal optimum serta kesesuaian campuran.

Penelitian ini dibatasi pada agregat Quarry Lubuk Alung dan Quarry Halaban, aspal keras penetrasi 60/70, campuran AC-WC, dan perancangan campuran menggunakan metode Marshall. Variasi kadar aspal yang digunakan adalah 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5%; dan 6,0%.

2. Metodologi Penelitian

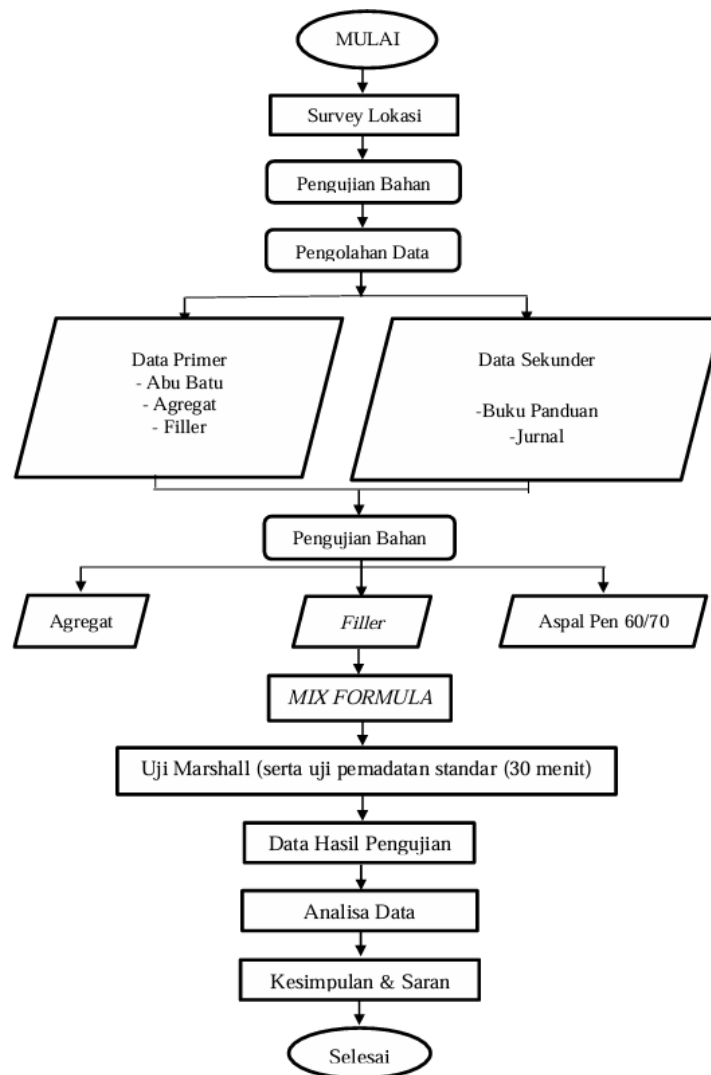
Penelitian merupakan penelitian eksperimen laboratorium. Seluruh pembuatan benda uji, curing, dan pengujian dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil UM Sumatera Barat, Jalan

Paninjauan, Campago Guguak Bulek, Kecamatan Mandiangin Koto Selayan, Kota Bukittinggi, Sumatera Barat. Material mengacu pada Spesifikasi Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2018 Revisi 1. Bahan penelitian terdiri atas agregat Quarry Lubuk Alung, agregat Quarry Halaban, aspal keras penetrasi 60/70, dan filler. Variasi kadar aspal adalah 4,0%; 4,5%; 5,0%; 5,5%; dan 6,0%. Pemeriksaan meliputi karakteristik agregat dan aspal, analisis gradasi, perancangan campuran, pengujian volumetrik, Marshall, dan permeabilitas. Data primer berasal dari hasil pengujian volumetrik, Marshall, KAO, dan pengujian pada kadar aspal efektif; data sekunder berasal dari hasil pengujian material yang tersedia di laboratorium.

Perkiraan kadar aspal rencana ditentukan secara empiris dengan persamaan $P_b = 0,035(\%CA) + 0,045(\%FA) + 0,18(\%FF) + K$. Nilai KAO ditentukan dari hubungan parameter Marshall terhadap kadar aspal dengan mempertimbangkan pemenuhan persyaratan campuran. Analisis dilakukan secara komparatif dengan membandingkan nilai masing-masing parameter pada kedua sumber agregat dan mengevaluasi kecenderungan perubahan parameter akibat peningkatan kadar aspal.



Gambar 1: Lokasi Penelitian



Gambar 2: Bagan Alir Penelitian

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Karakteristik dan Gradasi Agregat

Hasil analisis gradasi menunjukkan bahwa agregat dari kedua quarry disusun dalam kombinasi fraksi agregat kasar, agregat halus, abu batu, dan filler untuk memperoleh gradasi campuran AC-WC. Pada Quarry Lubuk Alung, komposisi agregat gabungan yang digunakan dalam perencanaan menghasilkan fraksi agregat kasar sebesar 67,71%, agregat halus 27,88%, dan filler 4,41% berdasarkan perhitungan kadar aspal rencana. Pada Quarry Halaban, agregat kasar sebesar 66,08%, agregat halus 29,60%, dan filler 3,97%.

Perbedaan komposisi fraksi tersebut menunjukkan bahwa masing-masing sumber memerlukan penyusunan campuran yang menyesuaikan karakteristik material. Kadar aspal rencana yang dihitung adalah sekitar 5,2% untuk Lubuk Alung dan 5,1% untuk Halaban. Variasi kadar aspal

kemudian dibuat dengan interval 0,5% untuk memperoleh pola perubahan parameter campuran.

3.2 Kadar Aspal Optimum

Berdasarkan hasil penelitian, kadar aspal optimum untuk campuran menggunakan agregat Quarry Lubuk Alung adalah 4,40%, sedangkan untuk Quarry Halaban adalah 4,35%. Nilai tersebut diperoleh dari evaluasi karakteristik campuran pada variasi kadar aspal yang diuji. Kadar aspal optimum merupakan bagian penting dalam rancangan campuran karena berkaitan dengan keseimbangan antara pengikatan agregat, rongga udara, stabilitas, flow, dan sifat volumetrik.

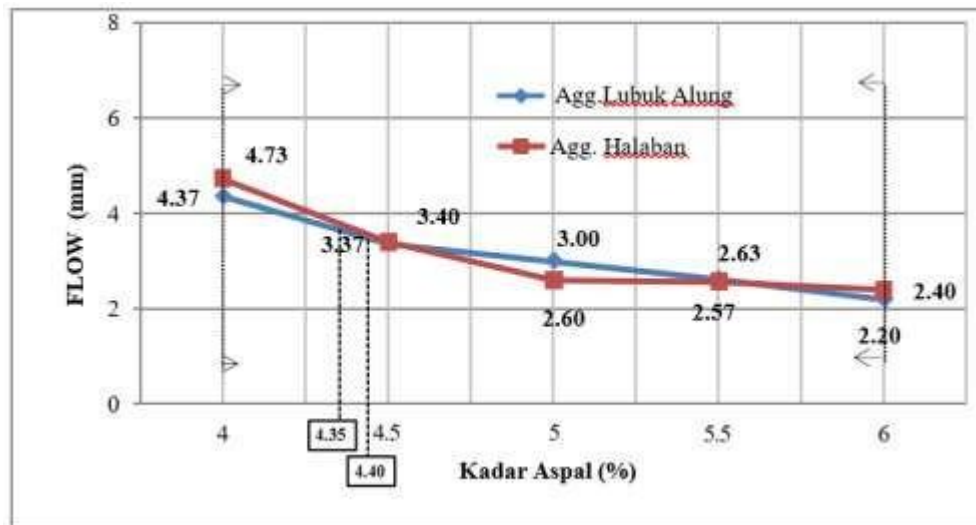
3.3 Rekapitulasi Parameter Campuran

Parameter	Halaban	Lubuk Alung	Persyaratan
Stabilitas (kg)	865	920	≥ 800
Flow (mm)	3,8	3,5	2,0-4,0
VIM (%)	4,2	3,8	3,0-5,0
MQ (kg/mm)	227,6	262,9	≥ 200
VMA (%)	15,8	16,2	$\geq 15,0$
VFA (%)	73,4	76,5	$\geq 65,0$
Permeabilitas (cm/detik)	0,32	0,25	0,1-0,5

Tabel rekapitulasi menunjukkan bahwa pada hasil pengujian yang dicantumkan dalam skripsi, kedua campuran berada dalam rentang persyaratan yang digunakan untuk stabilitas, flow, VIM, MQ, VMA, VFA, dan permeabilitas. Campuran Lubuk Alung menghasilkan stabilitas dan MQ lebih tinggi dibandingkan Halaban, sedangkan flow dan permeabilitasnya lebih rendah. Nilai VMA dan VFA Lubuk Alung juga lebih tinggi pada rekapitulasi tersebut.

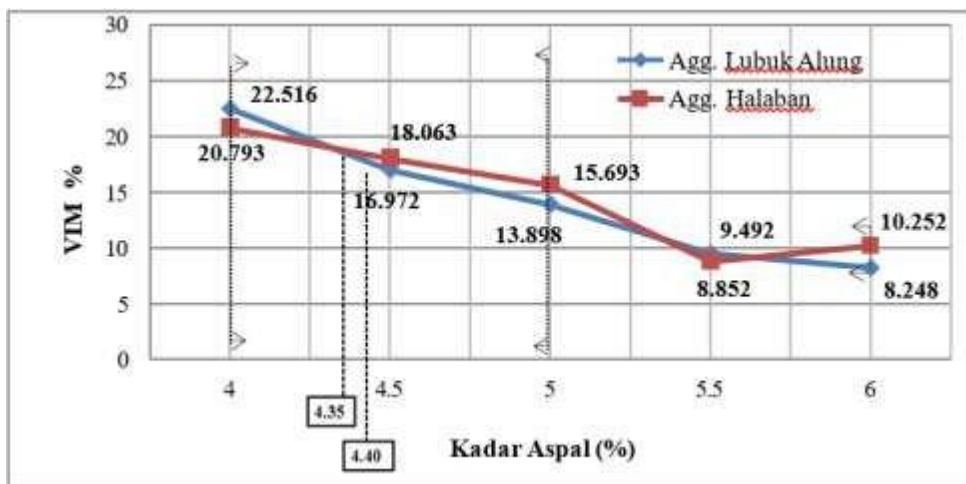
a. Stabilitas

Nilai stabilitas campuran Lubuk Alung menunjukkan kecenderungan meningkat dari kadar aspal 4,0% hingga 5,5%, kemudian menurun pada kadar aspal 6,0%. Pada Halaban, stabilitas juga meningkat sampai kadar aspal 5,5% kemudian mengalami penurunan pada 6,0%. Peningkatan pada kadar awal berkaitan dengan semakin baiknya ikatan antara aspal dan agregat serta pengisian rongga, sedangkan penurunan pada kadar tinggi menunjukkan bahwa penambahan aspal tidak selalu meningkatkan kemampuan menahan beban.



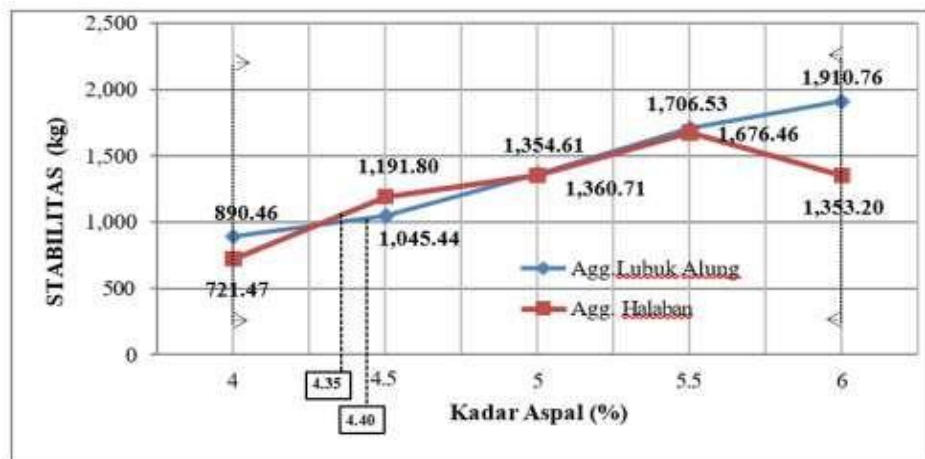
b. Kelelehan (Flow)

Nilai flow pada campuran dengan agregat Lubuk Alung dan Halaban cenderung menurun seiring bertambahnya kadar aspal. Penambahan aspal membuat permukaan agregat lebih terlapisi dan sebagian rongga terisi, sehingga hubungan antarpupir menjadi lebih kuat. Pada rekapitulasi hasil pengujian, flow Lubuk Alung sebesar 3,5 mm dan Halaban 3,8 mm, keduanya berada pada rentang 2,0–4,0 mm yang dicantumkan pada tabel hasil.



c. VIM (Void in The Mix)

VIM pada Lubuk Alung cenderung menurun dari kadar aspal 4,0% sampai 6,0%. Pada Halaban, VIM menurun dari 4,0% sampai 5,5%, kemudian sedikit meningkat pada 6,0%. Penurunan VIM terjadi karena bertambahnya aspal yang mengisi ruang kosong dalam campuran. Pada rekapitulasi, VIM Lubuk Alung 3,8% dan Halaban 4,2%, masih berada dalam rentang 3,0–5,0% yang ditampilkan pada tabel.



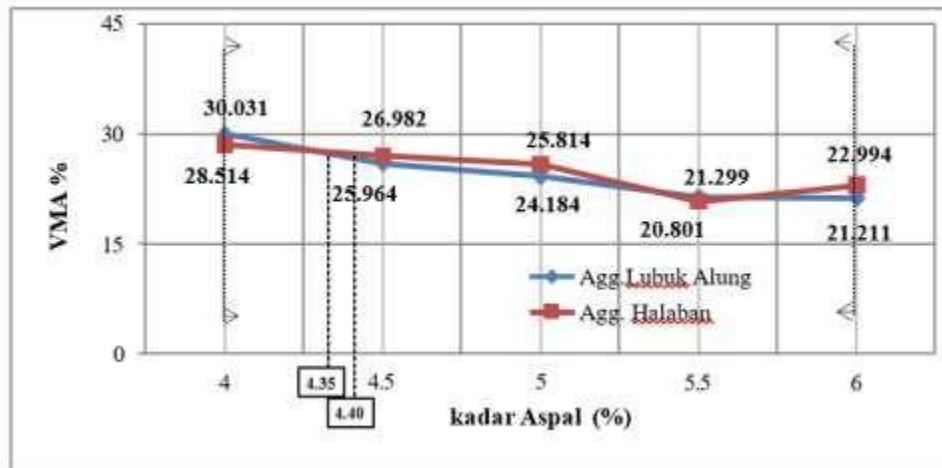
d. MQ (Marshall Quotient)

MQ pada Lubuk Alung cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal, sedangkan pada Halaban meningkat hingga kadar aspal 5,5% dan menurun pada 6,0%. Nilai MQ merupakan perbandingan stabilitas dengan flow. Pada rekapitulasi, MQ Lubuk Alung sebesar 262,9 kg/mm dan Halaban sebesar 227,6 kg/mm. Kedua nilai tersebut lebih besar dari batas 200 kg/mm yang dicantumkan pada tabel.



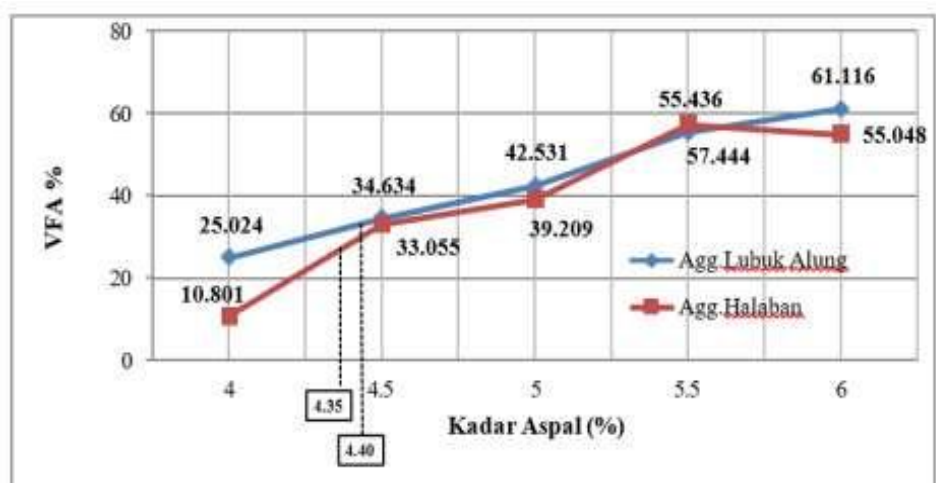
e. VMA (Void in Mineral Aggregate)

VMA pada Lubuk Alung cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Pada Halaban, nilai VMA juga menurun sampai kadar aspal 5,5% kemudian meningkat pada 6,0%. Hasil penelitian menyatakan bahwa seluruh variasi kadar aspal pada kedua agregat memenuhi persyaratan VMA berdasarkan spesifikasi yang digunakan. Pada rekapitulasi, nilai VMA Lubuk Alung 16,2% dan Halaban 15,8%.



f. VFA (Void Filled with Asphalt)

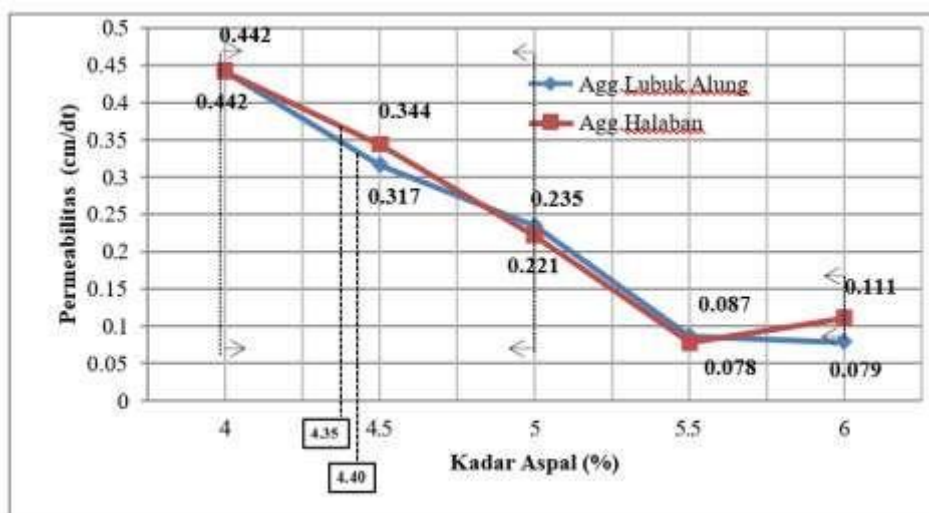
VFA pada Lubuk Alung cenderung meningkat seiring bertambahnya kadar aspal. Pada Halaban, VFA meningkat hingga 5,5% kemudian menurun pada 6,0%. Secara konseptual, peningkatan VFA terjadi karena lebih banyak rongga antaragregat yang terisi aspal efektif. Pada rekapitulasi, VFA Lubuk Alung sebesar 76,5% dan Halaban 73,4%, keduanya lebih tinggi dari batas minimum 65% yang ditampilkan pada tabel.



g. Permeabilitas

Permeabilitas Lubuk Alung cenderung menurun dengan bertambahnya kadar aspal. Pada Halaban, permeabilitas menurun dari 4,0% sampai 5,5%,

kemudian meningkat kembali pada 6,0%. Penurunan pada kadar awal dikaitkan dengan semakin banyaknya aspal yang mengisi rongga yang menjadi jalur aliran air. Hasil penelitian mencatat bahwa Lubuk Alung memenuhi rentang permeabilitas pada kadar aspal 4,0%; 4,5%; dan 5,0%, sedangkan Halaban memenuhi pada 4,0%; 4,5%; 5,0%; dan 6,0%. Pada rekapitulasi hasil pengujian, permeabilitas Lubuk Alung sebesar 0,25 cm/detik dan Halaban 0,32 cm/detik, keduanya berada dalam rentang 0,1–0,5 cm/detik yang dicantumkan.



3.4 Pembahasan

Perbedaan sumber agregat menghasilkan perbedaan respons campuran pada setiap parameter. Perbedaan tersebut dapat dikaitkan dengan variasi karakteristik fisik dan mekanis agregat, susunan gradasi, serta interaksi agregat dengan aspal. Walaupun kedua campuran dirancang dengan jenis AC-WC dan aspal yang sama, komposisi fraksi agregat dan sifat material dari masing-masing quarry tidak identik. Akibatnya, perubahan kadar aspal menghasilkan pola nilai Marshall yang berbeda.

Stabilitas menjadi salah satu parameter utama dalam menilai kemampuan campuran menahan beban. Lubuk Alung menghasilkan nilai stabilitas rekapitulasi 920 kg, sedangkan Halaban 865 kg. Keduanya memenuhi batas stabilitas yang dicantumkan dalam tabel hasil. Nilai tersebut menunjukkan bahwa struktur agregat dan ikatan aspal-agregat mampu menghasilkan daya dukung campuran pada kondisi pengujian. Kenaikan stabilitas hingga

kadar tertentu kemudian diikuti penurunan pada kadar tinggi memperlihatkan adanya kadar aspal yang tidak dapat terus ditambah untuk memperoleh peningkatan stabilitas.

Flow menunjukkan perubahan bentuk campuran pada saat menerima beban. Nilai 3,5 mm pada Lubuk Alung dan 3,8 mm pada Halaban berada pada rentang yang dipersyaratkan dalam tabel. Perbedaan tersebut menunjukkan adanya respons deformasi yang berbeda antarcampuran. Flow harus dipertimbangkan bersama stabilitas karena nilai stabilitas yang

tinggi tidak cukup menggambarkan perilaku campuran apabila deformasinya tidak terkendali.

VIM, VMA, dan VFA menggambarkan hubungan antara agregat, aspal, dan rongga. Bertambahnya kadar aspal umumnya mengurangi VIM karena rongga udara terisi aspal. VFA kemudian cenderung meningkat karena proporsi rongga mineral yang terisi aspal semakin besar. VMA dipengaruhi oleh susunan butiran agregat dan pemadatan. Ketiga parameter tersebut perlu dilihat secara bersamaan agar campuran tidak terlalu berongga maupun terlalu penuh aspal.

MQ memperlihatkan hubungan antara stabilitas dan flow. Nilai MQ rekapitulasi Lubuk Alung lebih tinggi daripada Halaban, tetapi keduanya masih berada di atas batas yang dicantumkan. Nilai MQ tidak seharusnya dibaca secara terpisah karena kekakuan yang meningkat perlu diseimbangkan dengan kebutuhan fleksibilitas campuran. Dengan demikian, evaluasi campuran perlu menggunakan keseluruhan parameter, bukan hanya satu nilai.

Permeabilitas memberikan informasi tambahan mengenai kemampuan air melewati campuran. Kadar aspal yang semakin tinggi pada umumnya mengurangi jalur aliran air karena rongga terisi aspal.

Namun, hasil Halaban pada kadar 6,0% menunjukkan perubahan arah dibandingkan variasi sebelumnya. Temuan tersebut menjadi alasan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan jumlah benda uji yang lebih banyak agar kecenderungan tersebut dapat dikonfirmasi.

Secara keseluruhan, kadar aspal optimum yang diperoleh relatif berdekatan, yaitu 4,40% untuk Lubuk Alung dan 4,35% untuk Halaban. Hal tersebut menunjukkan bahwa kedua material dapat dirancang dalam sistem campuran AC-WC dengan kebutuhan kadar aspal yang tidak jauh berbeda. Berdasarkan kecenderungan grafik yang dilaporkan dalam skripsi, campuran Lubuk Alung memperlihatkan pola perubahan yang lebih konsisten. Pernyataan tersebut merupakan temuan dalam penelitian dan tidak dimaksudkan sebagai penggantian terhadap spesifikasi teknis yang berlaku.

Hasil penelitian juga memperlihatkan pentingnya pengendalian pemadatan. Jumlah tumbukan digunakan sebagai kontrol tingkat pemadatan benda uji. Semakin tinggi tingkat pemadatan, rongga udara dapat berkurang dan parameter Marshall dapat berubah. Oleh sebab itu, konsistensi prosedur pembuatan benda uji menjadi bagian penting untuk memastikan perbandingan kedua sumber agregat dilakukan pada kondisi yang setara.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai perbandingan kinerja campuran AC-WC menggunakan agregat Quarry Lubuk Alung dan Quarry Halaban, dapat disimpulkan bahwa kedua sumber agregat dapat digunakan dalam penyusunan campuran AC-WC pada variasi kadar aspal yang diteliti. Karakteristik agregat dan susunan gradasi yang berbeda menghasilkan respons parameter Marshall yang berbeda pada masing-masing campuran.

Kadar aspal optimum yang diperoleh adalah 4,40% untuk campuran dengan agregat Quarry Lubuk Alung dan 4,35% untuk campuran dengan agregat Quarry Halaban. Pada rekapitulasi pengujian, Lubuk Alung menghasilkan stabilitas 920 kg, flow 3,5 mm, VIM 3,8%, MQ 262,9 kg/mm, VMA 16,2%, VFA 76,5%, dan permeabilitas 0,25 cm/detik. Halaban menghasilkan stabilitas 865 kg, flow 3,8 mm, VIM 4,2%, MQ 227,6 kg/mm, VMA 15,8%, VFA 73,4%, dan permeabilitas 0,32 cm/detik.

Kecenderungan hasil menunjukkan bahwa stabilitas meningkat sampai kadar aspal tertentu dan kemudian menurun pada kadar tinggi; flow cenderung menurun; VIM cenderung menurun; MQ meningkat sampai titik tertentu; VMA berubah mengikuti susunan campuran; VFA cenderung meningkat; sedangkan permeabilitas secara umum menurun ketika kadar aspal bertambah. Kedua campuran menunjukkan parameter yang memenuhi rentang persyaratan pada kondisi rekapitulasi yang disajikan dalam skripsi.

Berdasarkan kecenderungan grafik hasil pengujian, campuran dengan agregat Quarry Lubuk Alung memperlihatkan pola perubahan yang lebih konsisten dibandingkan Quarry Halaban. Namun, hasil tersebut tetap perlu dipahami dalam konteks variasi kadar aspal, karakteristik material, dan kondisi pengujian laboratorium.

5. Referensi

- Anonim, 1997, *Open Graded asphalt Design Guide*, Australian Asphalt Pavement Association, Australia.
- Anasaff, 2012, *Aspal Dan Karakteristiknya*, blogspot.com/2012.
- Affan.M, 2006, *Studi Peranan Rongga Terhadap stabilitas dan Durabilita Campuran Aspal Porus Akibat Penambahan Mortar*, Tesis, Magister Teknik Sipil, Program Sarjana, Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh.
- Departemen Pekerjaan Umum, 1998, *Spesifikasi Umum Untuk Jalan dan Jembatan*, Direktorat Bina Marga.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2006, *Spesifikasi Umum Untuk Jalan dan Jembatan*, Direktorat Bina Marga.
- Didik (2018), *Karakteristik Aspal Porus Terhadap Ketahanan Menggunakan Tes Marshall Dengan Material Lokal Jayapura*. Tugas akhir, S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik dan Sistem Informas, Universitas Yapis Papua.
- Gausa, A. , M. N. , T. M. Y. , & U. I. (2020). *Karakteristik Marshall Campuran*

- Aspak Beton Menggunakan Limbah Plastik. *Journal of Science and Engineering*, 3(2), 26-33.
- Hidayat, M. N., & Fauzi, A. (2022). Optimalisasi kadar serbuk limbah plastik pada campuran aspal panas berdasarkan uji Marshall. *Jurnal Teknik Sipil Universitas Diponegoro*, 15(2), 78-87
- Laboratorium Transportasi Dan Jalan Raya, 2017, Diktat Pedoman Praktikum Aspal Dan Jalan Raya, Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Islam Riau, Pekanbaru.
- Pratama, R.A., & Kusuma, H. (2023). Analisis karakteristik Marshall campuran aspal beton dengan penambahan serbuk plastik PET sebagai bahan aditif. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(1), 22-30.
- Pribadi, G., Indriasari, & Rahman, R. L. (2023). Analisa substitusi limbah plastik (LPDE) terhadap karakteristik Marshall pada campuran laston AC-WC. *Jurnal Kridatama Sains dan Teknologi*, 5(2), 334-346.
- Saputra, D. P., & Suryanto, B. (2023). Studi eksperimen penggunaan serbuk limbah plastik kemasan pada campuran aspal panas ditinjau dari parameter Marshall. *Jurnal Rekayasa Sipil*, 18(2), 112-121.
- Susanto, I., & 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.
- Sarwono (2009), Perencanaan Gradasi Aspal Porus Menggunakan Material Lokal Dengan Metode Pemampatan Kering. Tugas akhir, S1 Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Petra.
- Sri Nurul Jauhari (2013), Karakteristik Marshall Test Pada Lapisan Perkerasan Aspal Berongga Menggunakan Batu Karang Dan Buton Natural Asphalt. Tugas akhir, S1 Teknik Sipil, fakultas teknik, Universitas Hasanudin, Makasar.
- Sofyan, M. Saleh (2014), Karakteristik Campuran Aspal Porous Dengan Subtitusi Styrofoam Pada Aspal Penetrasi 60/70. *Jurnal Teknik Sipil Vol 21*.
- Sukirman, Silvia, 1999, Perkerasan Lentur Jalan Raya, Granit, Jakarta.
- Sukirman, Silvia, 2016, Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta.
- Sukirman, Silvia, 2005, Beton Aspal Campuran Panas, Granit, Jakarta.
- Unitedgank007, *Test Marshall Aspal*, [blogspot.com/2016](https://www.blogspot.com/2016).
- University of New Hampshire Stormwater Center (UNHSC) 2009.
Cara Menulis Inspiratif. Dikutip 19 agustus 2019 dari Cara Menulis Buku:
https://www.unh.edu/unhsc/sites/unh.edu.unhsc/files/pubs_specs_info/unhsc_pa_spec_10_09.pdf
- Wijaya, A., & Radam, I. F. (2021). Pengaruh penambahan limbah plastik terhadap karakteristik campuran aspal AC-WC. *Jurnal Rivet (Riset dan Inovasi Teknologi)*, 1(2), 80.
- Yuniarti, S., Rachman, R., & Alpius. (2020). Studi karakteristik campuran AC-BC berdasarkan limbah kantong plastik sebagai bahan tambah. *Paulus Civil Engineering Journal*