

## Analisis kinerja *Cold Paving Hot Mix Asbuton* dengan *Filler Portland Cement* terhadap intensitas rendaman

Andri Irfan Rifai<sup>1,\*</sup>, Muhammad Hafidh<sup>2</sup>, Muhammad Isradi<sup>2</sup>, Joewono Prasetijo<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Internasional Batam, Indonesia

<sup>2</sup>Fakultas Teknik, Universitas Mercubuana, Jakarta, Indonesia

<sup>3</sup>Faculty of Engineering Technology, University Tun Hussein Onn, Malaysia

---

### Article Info

#### Article history:

Received: May, 9 2023

Revised: May, 26 2023

Accepted: May, 29 2023

Available online:

May, 31 2023

---

### Keywords:

CPHMA

Immersion

Pavement Preservation

Quick patching

---

### Corresponding Author:

Andri Irfan Rifai,

andri.irfan@uib.ac.id

### Abstract

*Using Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA) is an alternative to road preservation needs in the form of quick patching in Indonesia, which is considered optimal. However, until now, CPHMA still needs to be considered strong against natural challenges with high rainfall. This paper aims to test the performance of CPHMA with Portland cement filler against the Immersion Test. The immersion test is a laboratory model as an approach to immersion due to rainfall on road preservation. The test specimens were selected based on the optimum asphalt content, comprising 57 pieces, and carried out in the laboratory with various Indonesian National Standard tests. Then the Marshall test was carried out with standard conditions (2x75 collisions) to determine density, stability, yield, Marshall quotient, standard durability tests, and modified durability to determine the durability index value. The Immersion test results showed that CPHMA with 1% Portland cement as filler and optimum asphalt content of 6% could withstand immersion for three days, 7 hours, 37 minutes 15 seconds. The duration of the immersion is relatively long compared to the period of immersion in the field due to the rain that occurred.*

Copyright © 2023 Universitas Islam Indonesia  
All rights reserved

---

### Pendahuluan

Indonesia merupakan negara yang memiliki aspal alam di Pulau Buton yang biasa disebut dengan Asbuton. Jumlah cadangan Asbuton yang terdapat di Pulau Buton diperkirakan berjumlah 677.247.000 ton (Hidayatulloh, dkk., 2021). Selama ini Perusahaan nasional Indonesia hanya sanggup menyediakan material aspal berkualitas tinggi yang sesuai dengan standar internasional sebanyak 0,6 juta ton/tahun yang berasal dari residu minyak bumi, sedangkan kebutuhan material yang berkualitas tinggi dan sesuai dengan standar adalah sekitar 1,2 juta ton/tahun (Bethary, dkk., 2019). Kondisi tersebut menyebabkan diperlukannya pemanfaatan bahan lain yang tersedia di dalam negeri untuk memenuhi kebutuhan pembangunan dan pemeliharaan jalan. Selain itu, pemanfaatan bahan lain juga menjadi bagian dalam menyasiasi

keterbatasan aspal minyak dengan harga yang cenderung naik (Odhiambo, 2020).

Asbuton mengandung *binder* berupa bitumen kualitas tinggi yang dapat digunakan sebagai bahan pengikat campuran bahan jalan atau bahan konstruksi jalan (Chen, dkk., 2020). Beberapa upaya dilakukan baik oleh pemerintah maupun swasta nasional, untuk mengembangkan dan memanfaatkan Asbuton khususnya untuk pembangunan jalan (Yang, 2020). Salah satu teknologi penggunaan Asbuton yang baru berkembang saat ini adalah *Cold Paving Hot Mix Asbuton* (CPHMA). CPHMA adalah campuran Asbuton yang terdiri dari agregat, Asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas hampar dingin (Rahman, 2023). CPHMA memiliki keunggulan yaitu dalam penggunaannya dapat dipadatkan dingin sehingga sangat cocok digunakan untuk daerah yang berada jauh dari lokasi

*Asphalt Mixing Plant (AMP)* (DGH, 2020). Tetapi saat dilakukan implementasi dilapangan, CPHMA juga memiliki beberapa kelemahan. Salah satu kelemahan yang terjadi adalah *workability*, hal tersebut terjadi karena campuran yang sudah dingin lebih kaku sehingga lebih sulit dipadatkan (Hafezzadeh, dkk., 2021).

Implementasi penggunaan CPHMA di Indonesia dapat dilakukan untuk pemeliharaan rutin jalan, seperti menambal lubang, retakan, bahkan kubangan yang dapat menimbulkan kecelakaan bagi penggunaan jalan (Wang, dkk., 2022). Namun penerapan CPHMA masih mengalami beberapa kendala dari potensi rendaman air di badan jalan. Kondisi tersebut dapat diakibatkan oleh curah hujan yang tinggi di Indonesia. Selain itu tantangan didapatkan karena kurangnya fasilitas drainase perkerasan dalam mengalirkan curah hujan (Dibaba, 2018). Gangguan air pada perkerasan akan mempengaruhi ikatan antara aspal dan agregat yang mempercepat terjadinya oksidasi sehingga menyebabkan terjadinya kerusakan dini pada lapisan permukaan jalan (Wang, dkk., 2019). Kerusakan dini yang terjadi dapat menimbulkan penurunan kinerja jalan secara permanen, sekaligus dapat menambah anggaran pemeliharaan yang tidak diperlukan (Rifai, dkk., 2016).

Kondisi kerusakan jalan akibat rendaman air merupakan tantangan di wilayah dengan curah hujan yang tinggi. Apabila jalan terendam dalam waktu yang relatif lama, maka potensi terjadinya kerusakan dini menjadi lebih tinggi lagi. Kondisi riil tersebut diharapkan dapat disiasati secara teknis, agar dapat bersifat ilmiah. Sebelum dilakukan uji secara riil tentang potensi Asbuton melayani kebutuhan tambal cepat mantap, perlu dilakukan pengujian model terlebih dahulu. Kondisi lapangan harus dimodelkan sehingga mampu mewakili berbagai uji dalam kondisi normal. Untuk itu, maka diperlukan suatu pengujian di laboratorium dengan membuat beberapa sampel yang spesifikasinya sama dengan lama pengujian terhadap rendaman air. Tujuan penulisan paper ini adalah melakukan uji kinerja penggunaan CPHMA sebagai perwakilan uji kekuatan aspal buton. Uji kinerja dilakukan dengan menguji rendaman

(*immersion*) sampel aspal di laboratorium dan kemudian dibandingkan dengan kondisi saat ini.

### **Preservasi jalan**

Jalan adalah salah satu prasarana transportasi darat yang digunakan untuk mendukung lalu lintas kendaraan. Pemeliharaan jalan yang terprogram dapat menjaga umur rencana secara optimum (Rifai, dkk., 2022). Pada dasarnya perencanaan umur perkerasan jalan disesuaikan dengan kondisi dan kebutuhan lalu lintas yang ada, umumnya didesain dalam kurun waktu antara 10-20 tahun (Kilić Pamuković, dkk., 2020). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa jalan diasumsikan tidak mengalami kerusakan dalam 5 tahun pertama, namun jalan sudah rusak sebelum 5 tahun pertama pada realita yang ada (Triyanto, dkk., 2020). Pertimbangan pemilihan jenis perkerasan jalan dalam implementasinya memperhatikan faktor teknis, pendanaan, kenyamanan dan keamanan, serta tidak jarang berhubungan dengan aspek politis (Del Giudice, dkk., 2017).

Kerusakan perkerasan jalan di Indonesia pada awalnya disebabkan oleh penggenangan air yang cukup lama (Rifai, dkk., 2018). Penggenangan air pada permukaan perkerasan ini akan mempengaruhi kekuatan lekat aspal yang akan menyebabkan terjadinya peresapan air ke dalam rongga lapis perkerasan yang ada dibawahnya (Anupam, dkk., 2021). Akibat selanjutnya adalah penurunan daya dukung lapis perkerasan serta beban lalu-lintas yang berulang-ulang akan mempercepat kerusakan sebelum tercapainya umur rencana (Lu, dkk., 2018). Apabila disederhanakan, maka jenis kerusakan jalan dapat disederhanakan menjadi dua kemungkinan. Pertama adalah, kerusakan lapis permukaan yang berkaitan langsung dengan kerusakan pada lapis-lapis bawah atau lapis pondasi atas (Rifai, dkk., 2015). Kerusakan pada lapisan-lapisan bawah ini seringkali terjadi sebagai akibat drainase yang tidak memadai. Kedua, kerusakan yang semata-mata terjadi pada lapis permukaan, terlepas dari kondisi lapisan-lapisan di bawahnya. Persoalan ini merupakan persoalan diluar perencanaan teknis dan penyebabnya cenderung kearah pelaksanaan dan pengawasan pekerjaan di lapangan (Isradi,

dkk., 2022). Salah satu penanganan untuk penggenangan air adalah badan jalan harus memiliki kemiringan melintang yang cukup sehingga air dapat cepat terbuang, tidak hanya kemiringan di jalur lalu lintas tetapi juga kemiringan di bahu jalan agar air dapat mengalir dan masuk ke saluran samping yang mempunyai kedalaman dibawah permukaan tanah dasar (Lubis, 2021).

Lapisan perkerasan mudah rusak akibat genangan air disebabkan oleh sifat dasar dari bahan pembentuk campuran aspal itu sendiri. Aspal memiliki sifat yang tidak terlalu kuat terhadap rendaman air. Selain itu, agregat yang menjadi bahan campuran memiliki kelemahan terhadap gangguan air. Agregat yang berasal dari batuan vulkanik mengandung *silica* dan bahan yang tidak dikehendaki dalam kadar yang tinggi. Batuan pasir vulkanik hitam sering mempunyai lapisan *silica* yang tipis. Kondisi tersebut menjadikan pasir bersifat *Pozzolanik* tinggi, sementara aspal sangat sulit melekat terhadap *silica* sehingga apabila terkena roda kendaraan serta genangan air akan mudah mengelupas. Hal ini karena bahan-bahan yang tidak dikehendaki dan bersifat *non-monolithic* mempunyai daya rusak yang tinggi (Long, dkk., 2022).

#### **Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)**

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat. Aspal merupakan material yang *thermoplastic* yaitu melunak dan menjadi cair jika dipanaskan dan akan kembali kental dan mengeras jika didinginkan. *Hydrocarbon* adalah bahan dasar utama dari aspal yang umum disebut bitumen, sehingga aspal sering disebut bitumen. Bitumen mempunyai sifat berlemak serta tidak larut dalam air (Khusnutdinov, dkk., 2021). Berdasarkan cara memperolehnya, aspal dikelompokkan menjadi aspal alam seperti *rock asphalt* contohnya Asbuton dan *lake asphalt* seperti Bermudez, Trinidad (Maharaj, 2023). Selanjutnya adalah Aspal buatan, yang terdiri dari aspal minyak dan ter. Aspal minyak merupakan hasil penyulingan minyak bumi, sedangkan ter adalah merupakan hasil penyulingan batu bara. Ter tidak umum digunakan untuk

perkerasan jalan karena lebih cepat mengeras, peka terhadap temperatur dan beracun.

Potensi aspal alam di Indonesia sangat besar yaitu Asbuton. Pulau Buton Secara Geografis Terletak antara 122° 42' – 123° 42' Bujur Timur dan 4° 30' Lintang Selatan. Terletak di ujung South East Celebes atau lebih tepatnya pada Kabupaten Buton. Pulau ini bentuknya memanjang dari utara ke selatan sepanjang 150 km dan lebar antara 15 – 60 km. Asbuton ini adalah aspal alam berupa *rock asphalt* yang terdiri dari campuran batu kapur, pasir dan bitumen (sekitar 15 % - 35 %) (Ridwan, dkk, 2023). Bitumen ini awalnya berasal dari minyak bumi yang dekat dengan permukaan bumi. Melalui periode waktu yang panjang dan berlangsung secara alamiah, terjadi penguapan fraksi ringan dari minyak bumi yang akhirnya tinggal bitumennya. Jenis *rock asphalt* di Indonesia hanya ada di Pulau Buton, sedangkan di dunia terdapat pula di Perancis, Texas (USA), Jerman, Italia, dan Swiss. Kadar aspal yang dimiliki oleh Asbuton merupakan yang tertinggi di antara tempat lainnya yang hanya mempunyai kandungan sebesar 9 % (Wang & Xing, 2021).

Partikel Asbuton terdiri dari bahan mineral, bitumen dan air, berwarna hitam kecoklatan, *porous*, relatif ringan dan pada umumnya mineral Asbuton terdiri dari batuan kapur (*limestone*). Pengamatan dengan alat elektronik terhadap contoh Asbuton menunjukkan kandungan mineral *globigerines limestone* dengan ukuran  $\pm 200$  mikron (0,2 mm). Mineral *globigerines limestone* ini relatif keras dan stabil serta memiliki dinding luar yang berpori banyak. Selanjutnya Mineral Asbuton berdasarkan hasil analisa kimia mengandung Silika (8%-13%), Besi Oksida (2%-3%), Kalsium Oksida (39%-47%), Aluminium Oksida (1%-3%), Magnesium Oksida (0%-3%), Sulfat (0%-3%), Kalsium Oksida (0%-5%), Natrium Oksida (0%-1%), dan hilang pijar termasuk CO<sub>2</sub> sekitar (37%-40%) (Ribal, dkk., 2017).

Perkembangan ilmu dan pengetahuan mendorong inovasi pemanfaatan Asbuton. Kondisi tersebut didorong oleh berbagai kebutuhan lapangan dalam mendukung preservasi jalan di Indonesia yang memiliki panjang jalan dan rentang jangkauan yang cukup luas. Preservasi jalan di Indonesia

memerlukan langkah-langkah komprehensif guna memenuhi berbagai tantangan yang terjadi di lapangan (Rifai, dkk., 2016). Salah satu inovasi tersebut adalah membuat formulasi Asbuton agar menjadi bahan mudah hampar yang siap pakai. CPHMA adalah campuran Asbuton yang terdiri dari agregat, Asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas hampar dingin. CPHMA memiliki keunggulan yaitu dalam penggunaan CPHMA dapat dipadatkan dingin sehingga sangat cocok digunakan untuk daerah yang berada jauh dari lokasi AMP (Gusty, 2021). Tetapi CPHMA juga memiliki klemahan pada aplikasinya di lapangan dalam hal *workability* karena campuran yang sudah dingin lebih kaku sehingga lebih susah untuk dipadatkan karenanya mempengaruhi kinerja campuran.

Campuran bahan CPHMA baik curah maupun kemasan dapat digunakan sebagai bahan tambalan maupun pelapis. Gradasi agregat bahan CPHMA dalam bentuk kemasan maupun curah harus memenuhi standar yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga tahun 2020. Gradasi agregat bahan CPHMA diperoleh berdasarkan pengujian hasil ekstraksi. Bahan CPHMA curah maupun kemasan harus dipadatkan pada temperatur pemadatan  $30^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 3^{\circ}\text{C}$ ) sesuai dengan ASTM D6926-10 (*Standard practice for preparation of bituminous specimens using marshall apparatus*). Agregat sebagai bahan utama harus memiliki ketahanan terhadap *strength*, *hardness*, *toughness*, *soundness* dan *resistance to stripping* (Xu, dkk., 2017). Untuk menentukan aspal yang cocok pada konstruksi jalan, bermacam-macam pengujian fisik dilakukan oleh beberapa lembaga seperti ASTM, The Asphalt Institute, dan British Standart Institution.

Implementasi CPHMA di Indonesia juga tetap harus memperhatikan persyaratan dan melewati uji material. Pengujian tersebut adalah pengujian penetrasi, titik lembek, titik nyala dan titik bakar, serta viskositas yang harus sesuai dengan nilai-nilai yang ditentukan oleh Directorate Generel of Highway (Almusawi, dkk., 2021). Salah satu alat laboratorium yang menentukan rancangan campuran adalah alat *Marshall*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengukur stabilitas

campuran agregat dan aspal terhadap *flow*. Stabilitas adalah kemampuan campuran aspal untuk menahan deformasi akibat beban yang bekerja tanpa mengalami deformasi permanen seperti gelombang, alur ataupun bleeding yang dinyatakan dalam satuan kg atau lb. Nilai stabilitas diperoleh dari hasil pembacaan langsung pada alat *Marshall Test* sewaktu melakukan pengujian *Marshall*.

### Metode penelitian

Pemeriksaan material pembentuk CPHMA dilakukan di Laboratorium *Asphalt Mixing Plant* PT. Hutama Prima, Bogor, Indonesia. Beberapa Langkah awal dimulai dengan melakukan pemeriksaan dasar terhadap material aspal. Pemeriksaan tersebut untuk memastikan bahwa aspal yang digunakan telah memenuhi ketentuan aspal berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) yang berlaku yaitu mengacu pada Spesifikasi Bina Marga 2018. Selanjutnya dilakukan uji agregat yang terbagi menjadi 2 kategori yaitu agregat kasar yaitu agregat, abu batu dan agregat halus. Pengujian agregat terdiri dari analisis saringan, berat isi, berat jenis yang terdiri dari berat jenis *bulk*, SSD, berat jenis semu, dan penyerapan. Pengetesan selanjutnya adalah indeks kepipihan dan nilai setara pasir hanya untuk abu batu. Material yang diuji dapat dilihat pada Gambar 1



Gambar 1. Material

Tahap selanjutnya adalah pengujian Asbuton. Material Asbuton yang dipakai dalam penelitian ini adalah Asbuton B20 yang diambil dari Lawele, Sulawesi Tenggara. Pengujian yang dilakukan adalah kadar aspal, penetrasi, titik lembek, dan berat jenis.

Setelah uji material dilakukan dan dipastikan bahwa semua bahan telah memenuhi standar, dilakukan pembuatan benda uji untuk penentuan *Optimum Asphalt Content* (OAC) /

kadar aspal optimum sebanyak 15 benda uji. Pengujian dilakukan dengan 5 percobaan kadar aspal yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Hal tersebut dilakukan agar dapat menentukan kadar aspal untuk pembuatan campuran CPHMA berdasarkan hasil pengujian volumetriknya. Pengujian volumetrik adalah pengujian untuk mengetahui nilai kepadatan dan nilai pori campuran yaitu VMA, VIM, dan VFA. Pengujian tersebut meliputi ukuran tinggi, berat kering di udara, berat dalam air, dan berat dalam kondisi SSD dari masing-masing benda uji. Berdasarkan hasil pengujian volumetrik tersebut maka nanti akan di ketahui kadar aspal yang paling bagus dan lebih memenuhi spesifikasi untuk campuran sesuai spesifikasi SNI. Setiap kadar aspal dibuat 3 benda uji sehingga terdapat 15 benda uji. Adapun dilakukannya uji volumetrik yang meliputi pengukuran diameter, tebal dan berat benda uji di udara, kemudian dilakukan untuk mendapatkan *SGmix*, dan porositas.

*Test specimen* sendiri terdiri dari *mold* berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm (4 inci) dengan tinggi 7,5 cm (3 inci) untuk *marshall* standar. Untuk besarnya campuran yang dimasukkan ke dalam *mold* dengan ukuran tersebut yaitu sebanyak 1200 gram karena sudah sesuai dengan ukuran gradasi material sebelumnya. Benda uji untuk mencari OAC yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Benda Uji

Dalam pembuatan benda uji dibutuhkan gradasi agregat dan perhitungan OAC rencana yang sesuai dengan spesifikasi. Gradasi yang digunakan pada modifikasi ini adalah gradasi menurut Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2. Setelah didapatkan nilai stabilitas dan *flow* pada pengujian menggunakan alat *Marshall*, kemudian dilanjutkan dengan perhitungan parameter *Marshall* yaitu VIM, VMA, VFA, berat volume, dan parameter lain. Hasil pengujian kemudian dijelaskan dalam bentuk grafik hubungan antara kadar aspal dan parameter *Marshall*.

Setelah nilai kadar aspal optimum didapatkan, maka untuk percobaan tahap ke-2 adalah pembuatan benda uji berdasarkan kadar aspal optimumnya. Benda uji yang dibuat adalah sebanyak 42 benda uji dengan uraian dapat dilihat pada Tabel 1. Kemudian dilakukan uji *Marshall* dengan kondisi standar (2x75 tumbukan) untuk menentukan kepadatan, stabilitas, kelelahan dan hasil bagi *Marshall*, serta pengujian durabilitas standar dan durabilitas modifikasi untuk menentukan nilai indeks durabilitas. Total benda uji yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 57 benda uji. Jumlah tersebut merupakan hasil penjumlahan dari 15 benda uji guna menentukan OAC dan 42 benda uji untuk pengujian *immersion* (rendaman) guna mengetahui hasil dari pengaruh rendaman air terhadap CPHMA dengan *Portland Cement* sebagai *filler*.

Tabel 1. Model benda uji

| No. | Durasi Perendaman (Jam) | <i>Optimum Asphalt Content</i> (%) | <i>Marshall Test</i> |        | Jumlah Benda Uji |
|-----|-------------------------|------------------------------------|----------------------|--------|------------------|
|     |                         |                                    | 30 Menit             | 24 Jam |                  |
| 1   | 0                       | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |
| 2   | 3                       | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |
| 3   | 6                       | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |
| 4   | 12                      | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |
| 5   | 24                      | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |
| 6   | 48                      | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |
| 7   | 96                      | <i>By Design</i>                   | 3                    | 3      | 6                |

Pada pengujian rendam (*immersion test*), benda uji direndam dalam bak perendaman (*waterbath*) pada suhu ruang selama 30 menit dan dilakukan uji stabilitas *Marshall*. Setelah benda uji di rendam selama 30 menit, benda uji dikeluarkan dari bak perendaman dan diletakkan tepat di tengah pada bagian bawah kepala penekan. Kemudian kepala penekan dinaikkan hingga menyentuh atas cincin pengujian kemudian kedudukan jarum arloji penekan dan arloji *flow* diatur pada angka nol. Pembebanan dilakukan hingga kegagalan benda uji terjadi, yaitu pada saat arloji pembebanan berhenti dan mulai kembali berputar menurun. Pada saat itu pula arloji kelelahan dibaca. Titik pembacaan pada saat benda uji mengalami kegagalan adalah merupakan nilai stabilitas *Marshall*. Setelah karakteristik *marshall* didapatkan, selanjutnya dengan grafik dibuat berdasarkan karakteristik *marshall* yang didapatkan seperti Density, VMA, VIM, VFA, Stabilitas, *Flow*, dan MQ

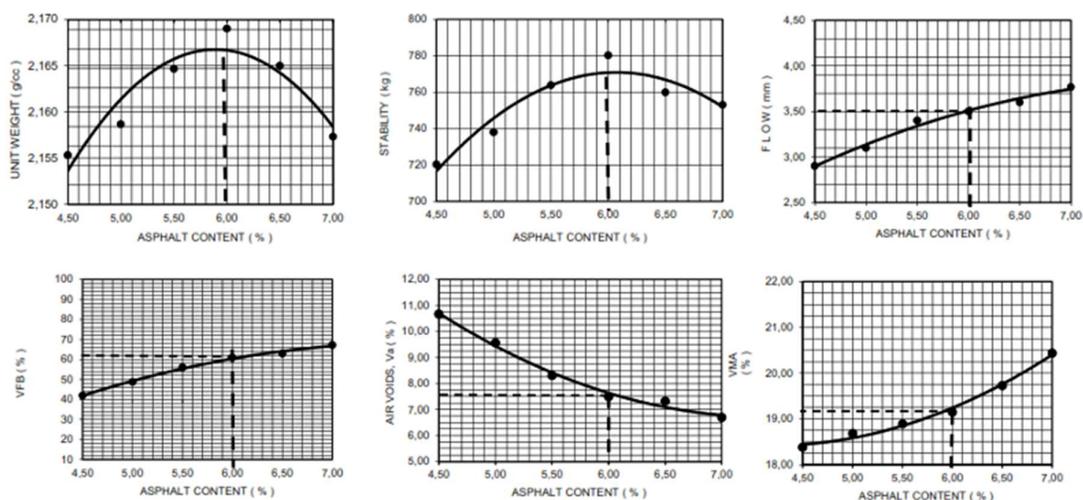
## Hasil dan pembahasan

### *Optimum Asphalt Content (OAC)*

Metode desain campuran aspal menggunakan metoda *Marshall* ini secara luas telah dipraktekkan di laboratorium bahan konstruksi. Metode ini dilakukan untuk memilih proporsi bahan agregat dan aspal guna konstruksi perkerasan. Pendekatan

holistik ini meliputi pemilihan agregat dan bahan pengikat, persiapan sampel percobaan, pengujian beban dan uji laboratorium sifat material. Fokusnya adalah pada penentuan kadar aspal optimum yang akan memberikan kekuatan maksimum pada campuran dengan deformasi minimum dari beban gandar. Stabilitas *Marshall* dan nilai uji aliran, densitas, dan rongga udara dalam campuran dan agregat mineral semuanya digunakan untuk evaluasi percobaan campuran aspal *lab-mixed, lab-compacted (LMLC)*. Uji stabilitas dan aliran *Marshall* juga dapat memantau produksi campuran aspal menggunakan *plant mix, laboratory compacted (PMLC)*. Dengan metode *Marshall* mendapatkan OAC 6%, seperti dapat dilihat pada Gambar 3.

Setelah didapatkan OAC, dilanjutkan dengan penambahan *filler* berupa semen dengan variasi 1%, 2%, dan 3%. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan *filler* semen sebanyak 1% mencapai nilai optimal. Hasil pengujian memiliki stabilitas sisa yang paling tinggi yaitu sebesar 96,08%. Benda uji disusun berdasarkan hasil formula optimal untuk dilakukan uji perendaman. Jumlah benda uji adalah sebanyak 42 buah dan direndam sesuai dengan variasi waktu rendaman sesuai skenario. Setelah benda uji selesai direndam sesuai kurun waktu yang ditentukan dilakukan pengujian parameter *Marshall*.

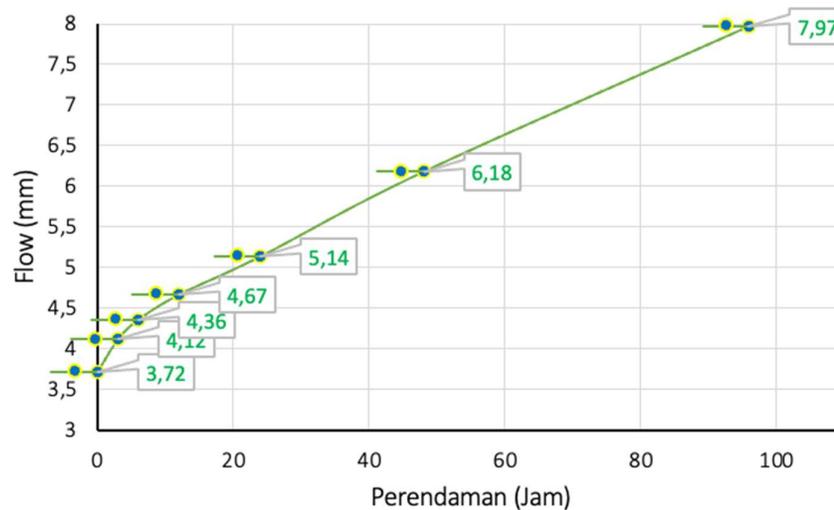


Gambar 3. Mix design asphalt concrete dengan Marshall Method

### Uji rendam (*immersion test*)

Hasil uji *flow* dengan variasi lama perendaman disajikan dalam Gambar 4. Komparasi pada gambar tersebut menunjukkan bahwa semakin lama campuran mengalami rendaman akan mengakibatkan perubahan karakteristik. Perubahan tersebut disebabkan karena rongga yang ada di dalam campuran telah terisi oleh aspal yang meleleh akibat panas dalam proses oksidasi. Perubahan nilai *flow* langsung diikuti oleh penurunan nilai

stabilitas. *Flow* menggambarkan perubahan bentuk plastis dari suatu campuran aspal yang terjadi akibat suatu beban sampai batas keruntuhan. Nilai kelelahan dapat langsung dibaca pada *dial flow* saat melakukan pengujian *Marshall* dan dinyatakan dalam satuan milimeter. Nilai *flow* dipengaruhi oleh gradasi agregat, viskositas aspal, kadar aspal dan temperatur saat pemadatan. Pada campuran panas, perubahan suhu akan menaikkan nilai viskositas aspal yang ada di dalam rongga campuran yang mengakibatkan nilai *density* bertambah.



Gambar 4. Kurva perubahan *flow* akibat perendaman

Apabila proses oksidasi ini berlanjut maka pelepasan energi *thermal* aspal akan terus terjadi dan akan melarutkan *asphaltene* ke dalam *oils*, akibatnya campuran akan kekurangan aspal untuk mengikat agregat dan campuran akan bersifat getas. Dalam kondisi ini *flow* akan mengalami penurunan drastis. Apabila campuran mengalami pembebanan maka nilai deformasinya akan cenderung mengecil seiring bertambah lamanya campuran terendam.

### Pengaruh rendaman terhadap nilai durabilitas

Durabilitas campuran adalah kemampuan resistensi campuran terhadap gangguan air, suhu, dan disintegrasi akibat beban lalu lintas. Semakin tinggi kadar aspal, maka semakin tinggi tingkat durabilitas campuran. Untuk memaksimalkan durabilitas, campuran perlu

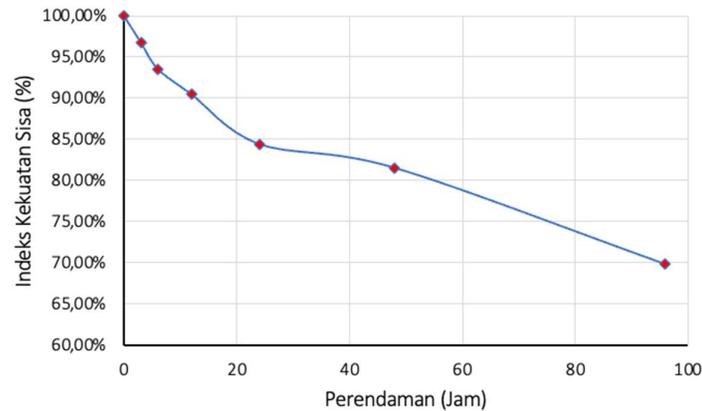
dirancang dengan kadar aspal yang cukup sehingga akan terjadi *coating* pada partikel – partikel agregat.

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan hubungan variasi lama rendaman dengan nilai durabilitas pada kadar aspal design yang sama ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 5. Hasil pengujian pada variasi perendaman hingga 48 jam telah memenuhi spesifikasi Bina Marga. Sedangkan nilai stabilitas pada perendaman 96 jam tidak memenuhi spesifikasi. Penurunan nilai stabilitas menunjukkan penurunan kemampuan CPHMA dalam menerima beban lalu lintas yang menyebabkan terjadinya deformasi, sehingga semakin lama CPHMA terendam air hujan maka semakin tidak *durable* (awet). Selain itu, pengaruh lama perendaman terhadap kelelahan plastis (*flow*) menunjukkan bahwa nilai kelelahan plastis (*flow*) mengalami kenaikan. Berdasarkan

kondisi tersebut maka dalam implementasi CPHMA perlu memperhatikan berbagai hal. Pertama bahan penyusun CPHMA yang akan digunakan sebagai bahan tambal cepat harus diperhatikan dengan baik. Kedua, perlu menjaga konstruksi jalan dan hasil tambalan agar tidak terendam air hujan dengan pembuatan saluran drainase di tepi jalan. Ketiga, perlu mempertimbangkan penggunaan material yang dapat bertahan lebih lama dengan suhu yang berbeda. Hal tersebut harus diperhatikan karena besarnya rongga dalam campuran juga mengakibatkan campuran kurang rapat, air dan udara yang memasukinya mengakibatkan lekatan antar agregat berkurang dan berdampak pelepasan material.

Tabel 2. Indeks Kekuatan Sisa

| No | Perendaman (Jam) | Stabilitas Rata-Rata (Kg) | Indeks Kekuatan Sisa (%) |
|----|------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1. | 0                | 698,42                    | 100,00%                  |
| 2. | 3                | 675,91                    | 96,78%                   |
| 3. | 6                | 653,44                    | 93,56%                   |
| 4. | 12               | 631,68                    | 90,44%                   |
| 5. | 24               | 589,62                    | 84,42%                   |
| 6. | 48               | 569,42                    | 81,53%                   |
| 7. | 96               | 487,72                    | 69,83%                   |



Gambar 5. Kurva indeks kekuatan sisa

Tabel 3. Pengujian *immersion duration*, VIM, dan *durability*

| No | <i>Immersion duration</i> (Jam) | VIM (4-10%) | <i>Durability</i> (min 500 kg) | Kesimpulan |
|----|---------------------------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1. | 0                               | 9.06        | 698,42                         | Valid      |
| 2. | 3                               | 7.94        | 675,91                         | Valid      |
| 3. | 6                               | 7.63        | 653,44                         | Valid      |
| 4. | 12                              | 7.56        | 631,68                         | Valid      |
| 5. | 24                              | 7.39        | 589,62                         | Valid      |
| 6. | 48                              | 6.81        | 569,42                         | Valid      |
| 7. | 96                              | 6.19        | 487,72                         | Not Valid  |

Berdasarkan persyaratan yang ditetapkan oleh DGH tahun 2020 perihal CPHMA bahwa nilai stabilitas sisa tersebut masih dinyatakan memenuhi persyaratan karena penurunan nilai stabilitas sisa belum melebihi yang disyaratkan yaitu minimal 70%. Tabel 3 menunjukkan hasil uji *Marshall* menurut spesifikasi.

Apabila digunakan persamaan interpolasi, maka kemampuan CPHMA saat dilakukan *immersion test* adalah 79,6209 jam atau setara 3 hari 7 jam 37 menit 15 detik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa apabila CPHMA diaplikasikan di lapangan akan memiliki daya lekat yang cukup baik. Jika

kondisi jalan secara terus menerus direndam air dan diberikan pembebanan maka akan terlepas pada waktu tersebut. Namun tentunya kondisi di lapangan berbeda dengan laboratorium, karena hujan dan genangan air di jalan tidak pernah selama itu. Sehingga langkah terbaik dalam menjaga kinerja hasil *quick patch* di lapangan adalah menjaga badan jalan tetap kering.

### Kesimpulan

Hasil pengujian *immersion* pada benda uji CPHMA dengan *filler portland cement* sebanyak 1% cukup optimal dan memiliki perbedaan kondisi. Pengaruh rendaman air dapat dilihat menyebabkan penurunan nilai sisa di perendaman 96 jam menjadi 69,83%. Campuran CPHMA dengan semen sebanyak 1% sebagai *filler* dan aspal optimum sebanyak 6% ini dapat bertahan terhadap rendaman air untuk waktu yang relatif lama, selama kurang lebih 3 hari 7 jam 37 menit 15 detik. Setelah rentang waktu tersebut nilai stabilitas campuran CPHMA mengalami penurunan dan lebih kecil dari nilai stabilitas minimal yaitu 500 kg.

### Daftar Pustaka

- Almusawi, A., Sengoz, B., & Topal, A. (2021). Investigation of mixing and compaction temperatures of modified hot asphalt and warm mix asphalt. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 65(1), 72-83.
- Anupam, B. R., Sahoo, U. C., Chandrappa, A. K., & Rath, P. (2021). Emerging technologies in cool pavements: A Review. *Construction and Building Materials* 299, 123892.
- Bethary, R. T., Subagio, B. S., Rahman, H., & Suaryana, N. (2019). Effect of recycled materials on marshall performance of hot asphalt mixture (HMA-RAP). *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Vol. 508, No. 1*, 012048.
- Chen, Y., Wang, H., Xu, S., & You, Z. (2020). High modulus asphalt concrete: A state-of-the-art review. *Construction and Building Materials*, 237, 117653.
- Del Giudice, V., Passeri, A., Torrieri, F., & De Paola, P. (2017). Risk analysis within feasibility studies: an application to cost-benefit analysis for the construction of a new road. *Applied Mechanics and Materials Vol. 651*, 1249-1254.
- DGH. (2020). *Spesifikasi Khusus SKh-1.M.01 Bahan Asbuton Campuran Panas Hampar Dingin (CPHMA) untuk Tambalan dan Perkerasan Pada Bahu Jalan*. Jakarta: Directorate General of Highway-Indonesia.
- Dibaba, W. T. (2018). A review of sustainability of urban drainage system. *Journal of Sedimentary Environments* 3(3), 131-137.
- Gusty, S. (2021, February). The effect of using asbuton with used waste diesel oil on the stability of the porous asphalt mix with hot mix cold laid method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Vol. 1088, No. 1* (p. 012095). IOP Publishing.
- Hafezzadeh, R., Autelitano, F., & Giuliani, F. (2021). Asphalt-based cold patches for repairing road potholes. *Construction and Building Materials* 306, 124870.
- Hidayatulloh, R., Karyawan, I. D., & Ahyudanari, E. (2021). Effect of Incorporating Super Bond Additives on Volumetric and Mechanical Characteristics of Cold Mix Asphalt Concrete using Asbuton. *Jurnal Teknik* 15(2), 130-136.
- Isradi, M., Rachmansyah, L., Rifai, A. I., & Muftidin, A. (2022). Analysis of Damage For Flexible and Rigid Pavement Using Pavement Condition Index (PCI) and Bina Marga Methods. *IJTI International Journal of Transportation and Infrastructure eISSN 2597-47 6(1)*, 30-37.
- Khusnutdinov, I., Goncharova, I., & Safiulina, A. (2021). Extractive deasphalting as a method of obtaining asphalt binders and low-viscosity deasphalted hydrocarbon feedstock from natural bitumen. *Egyptian Journal of Petroleum* 30(2), 69-73.
- Kilić Pamuković, J., Rogulj, K., Dumanić, D., & Jajac, N. (2020). A sustainable approach for the maintenance of asphalt pavement construction. *Sustainability* 13(1), 109.
- Long, Z., You, L., Xu, F., Tang, X., Ding, Y., Khanal, A., & Miao, Y. (2022). Nanomechanical-atomistic insights on interface interactions in asphalt mixtures with various chloride ion erosion statuses using AFM and MD simulation. *Journal of Colloid and Interface Science*, 891-909.
- Lu, Z., Fang, R., Yao, H., Hu, Z., & Liu, J. (2018). Evaluation and analysis of the

- traffic load-induced settlement of roads on soft subsoils with low embankments. *Int. J. Geomech* 18(6), 04018043.
- Lubis, K. (2021). Evaluation of Dimensions and Drainage Performance Office in the Aceh Tamiang Area Kuala Simpang. *Britain International of Exact Sciences (BioEx) Journal* 3(1), 20-32.
- Maharaj, R. (2023). The Effect of the Kaolinitic Clay and Asphaltenes on the Rheological Properties of Trinidad Lake Asphalt and Trinidad Petroleum Bitumen-Clay Composites. *Journal of Smart Science and Technology*, 3(1), 14-24.
- Odhiambo, N. (2020). Oil price and economic growth of oil-importing countries: a review of international literature. *Appl Econ Int Dev* (20), 1-23.
- Rahman, M. (2023). *Pengaruh Penambahan Semen Portland (PC) Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Buton Tipe CPHMA*. Makassar: Skripsi, Universitas Bosowa.
- Ribal, A. A., Toaha, S. K., & Khaeruddin, K. (2017). Tidal current energy resource assessment around Buton Island, southeast Sulawesi, Indonesia. *International Journal of Renewable Energy Research (IJRER)*, 7(2), 857-865.
- Ridwan, S., Oktaviani, R., Winarno, A., Nugroho, W., & Devy, S. D. (2023). Kajian Ukuran Butir Agregat Batuaspal Buton (Asbuton) Terhadap Lapisan Aspal Beton. *Jurnal Sosial Sains*, 3(1), 1352-1360.
- Rifai, A. I., Hadiwardoyo, S. P., Correia, A. G., & Pereira, P. (2016). Genetic Algorithm Applied for Optimization of Pavement Maintenance under Overload Traffic: Case Study Indonesia National Highway. *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 845) (pp. 360-378). Trans Tech Publications Ltd.
- Rifai, A. I., Hadiwardoyo, S. P., Correia, A. G., & Pereira, P. (2016). Genetic Algorithm Applied for Optimization of Pavement Maintenance under Overload Traffic: Case Study Indonesia National Highway. *Applied Mechanics and Materials* Vol. 845 (pp. pp. 369-378). Trans Tech Publications Ltd.
- Rifai, A. I., Hadiwardoyo, S. P., Correia, A. G., Pereira, P., & Cortez, P. (2015). The Data Mining Applied for the Prediction of Highway Roughness due to Overloaded Trucks. *International Journal of Technology*. Volume 6(5), 751-761 DOI : <https://doi.org/10.14716/ijtech.v6i5.1186>.
- Rifai, A. I., Handayani, S., & Al Rasyid, R. (2018). Data mining applied for national road maintenance decision support system. *MATEC Web of Conferences* (Vol. 195) (p. 04007). EDP Sciences.
- Rifai, A., Thalib, H., Prayogo, D., & Isradi, M. (2022). Customer Satisfaction and Road Performance in Long Segment Maintenance Contract: Application of an Urban Road Network. *United International Journal for Research & Technology* (3) 9, 10-19.
- Triyanto, T., Syaiful, S., & Rulhendri, R. (2020). Evaluasi Tingkat Kerusakan Jalan Pada Lapis Permukaan Ruas Jalan Tegar Beriman Kabupaten Bogor. *ASTONJADRO: CEAESJ*, 8(2), 70-79.
- Wang, M., & Xing, C. (2021). Evaluation of microstructural features of Buton rock asphalt components and rheological properties of pure natural asphalt modified asphalt. *Construction and Building Materials* 267, 121132.
- Wang, T., Dra, Y. A., Cai, X., Cheng, Z., Zhang, D., Lin, Y., & Yu, H. (2022). Advanced cold patching materials (CPMs) for asphalt pavement pothole rehabilitation. *Journal of Cleaner Production*, 133001.
- Wang, W., Wang, L., Xiong, H., & Luo, R. (2019). A review and perspective for research on moisture damage in asphalt pavement induced by dynamic pore water pressure. *Construction and Building Materials* 204, 631-642.
- Xu, O., Wang, Z., & Wang, R. (2017). Effects of aggregate gradations and binder contents on engineering properties of cement emulsified asphalt mixtures. *Construction and Building Materials*, 135, 632-640.
- Yang, Q. (2020). Research Progress of Buton Rock Asphalt in Road Pavement Materials. *E3S Web of Conferences* Vol. 198, 01007.