

PENGARUH LAMA RENDAMAN DAN PENUAAN ASPAL TERHADAP NILAI DURABILITAS CAMPURAN ASPAL COLD PAVING HOT MIX ASBUTON (CPHMA)

Ardhy D.Y Prathama¹, Fadly Achmad^{2*}, Fric L. Desei³

¹Teknik Sipil, Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia; ^{2,3} Universitas Negeri Gorontalo, Indonesia

*Corresponding Author, Received: 24 Jun, 2021, Revised: 30 Jun, 2021, Accepted: 03 Jul, 2021

ABSTRACT: CPHMA adalah aspal siap pakai dan bisa dihampar dengan menggunakan suhu ruang. Kerusakan jalan pada permukaan sering terjadi karena proses penuaan aspal. Berdasarkan hal tersebut perlu dilakukannya penelitian mengenai keawetan campuran aspal (Durabilitas) dan pengaruh penuaan aspal guna mengetahui kekuatan dan masa pelayanan dari aspal CPHMA. Pembuatan benda uji pada penuaan aspal jangka pendek (Short-Term Oven Aging, (STOA) dilakukan dengan cara memasukkan benda uji dalam keadaan curah ke dalam oven selama 4 jam dengan suhu 135°C, sedangkan untuk penuaan jangka panjang (Long-Term Oven Aging, LTOA) dilakukan dengan cara memasukkan benda uji ke dalam oven dalam keadaan padat selama 2 hari untuk masa pelayanan 5 tahun dan 3 hari untuk masa pelayanan 10 tahun. Parameter keawetan campuran CPHMA dilihat dari Indeks Kekuatan Sisa (IKS), Indeks Durabilitas Pertama (IDP), dan Indeks Durabilitas Kedua (IDK). Berdasarkan hasil penelitian nilai kadar aspal CPHMA yang diperoleh melalui hasil ekstraksi adalah sebesar 7,05%. Nilai stabilitas untuk benda uji normal, LTOA 5 tahun, LTOA 10 tahun, dan STOA secara berturut-turut sebesar 634,61 kg, 504,58 kg, 451,21 kg, dan 1.261,45 kg. Nilai IKS pada benda uji normal sebesar 95,41%, pada benda uji LTOA 5 tahun dan 10 tahun secara berturut-turut sebesar 85,58% dan 84,95%. Nilai IKS pada benda uji STOA sebesar 96,15%. IDP dengan nilai kelandaian r pada rendaman 24 jam untuk benda uji normal, LTOA 5 tahun, LTOA 10 tahun dan STOA secara berturut-turut sebesar 1,49%, 1,66%, 1,81%, dan 0,16%. IDK benda uji normal, LTOA 5 tahun, LTOA 10 tahun dan STOA untuk nilai a secara berturut-turut sebesar 14,32%, 23,20%, 23,89%, dan 1,88%. Lama rendaman sangat berpengaruh terhadap nilai stabilitas yang diperoleh, semakin lama rendaman maka semakin rendah nilai stabilitas yang didapatkan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aspal CPHMA hanya diperuntukkan untuk kendaraan ringan hingga sedang.

Kata Kunci: Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA), Durabilitas Aspal CPHMA, Penuaan Aspal.

1. PENDAHULUAN

Pulau Buton yang terletak di Provinsi Sulawesi Tenggara merupakan wilayah yang memiliki kekayaan alam berupa aspal. Aspal yang berasal dari pulau Buton biasa disebut dengan kata asbuton. Jumlah asbuton yang terdapat di pulau Buton diperkirakan berjumlah 677.247.000 ton [1]. Berbagai upaya dalam mengoptimalkan pemanfaatan asbuton, salah satu yang baru saja dikembangkan adalah Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA).

CPHMA adalah campuran aspal yang terdiri dari agregat, asbuton butir, peremaja dan bahan tambah lain yang dicampur panas dan bisa dihampar dingin. Produk aspal CPHMA dapat berupa kondisi curah atau dalam bentuk kemasan yang dikemas dalam karung ukuran 25-50 kg. CPHMA dapat membantu pekerjaan yang lokasinya jauh dari Asphalt Mixing Plant (AMP) dan lokasi yang terisolir. CPHMA digunakan untuk pekerjaan penambalan, pekerjaan pelebaran bahu jalan dan pekerjaan yang volume pekerjaannya sedikit. CPHMA diperuntukkan untuk kendaraan dengan beban yang ringan dan arus lalu lintas yang rendah sampai sedang. Keberadaan CPHMA diharapkan dapat membantu pemanfaatan asbuton yang jumlahnya cukup banyak. Untuk

daerah di Provinsi Gorontalo pekerjaan jalan menggunakan aspal CPHMA pada tahun 2020 dilakukan pada salah satu ruas jalan nasional dimana lalu lintasnya sering dilalui oleh kendaraan berat.

Oleh karena itu campuran aspal CPHMA harus diuji durability atau durabilitasnya karena penggunaan aspal CPHMA pada pekerjaan penambalan hasil pekerjaannya biasa dilalui oleh kendaraan berat dan biasanya tergenang oleh air. Hal ini dapat mempengaruhi kualitas durability atau keawetan dari aspal CPHMA itu sendiri. Selain durabilitas, menurunnya daya dukung pada campuran aspal biasanya disebabkan juga oleh adanya penuaan aspal. Penuaan aspal terjadi karena adanya penguapnya bagian cair dari aspal yang disebabkan oleh adanya pemanasan sehingga aspal menjadi getas dan menjadi hilang daya lekatnya.

2. KAJIAN TEORITIS

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material perekat (*cementitious*), berwarna hitam atau coklat tua, dengan unsur utama bitumen. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari pengilangan minyak bumi. Aspal merupakan material yang

paling umum digunakan untuk bahan pengikat agregat, oleh karena itu seringkali bitumen disebut pula sebagai aspal. Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4–10% berdasarkan berat campuran, atau 10–15% berdasarkan volume campuran [2].

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan atas aspal alam dan aspal minyak. Aspal alam yaitu aspal yang didapat di suatu tempat di alam. Aspal alam merupakan campuran antara bitumen dengan bahan mineral lainnya dalam bentuk batuan. Karena aspal alam merupakan material yang ditemukan begitu saja didalam alam, maka kadar bitumen yang dikandungnya sangat bervariasi dari rendah sampai tinggi. Sedangkan aspal minyak yaitu aspal yang merupakan residu penyulingan minyak bumi. Jika ditinjau bentuknya pada temperatur ruang, maka aspal dapat dibedakan atas aspal padat, aspal cair, dan aspal emulsi.

1. Aspal Padat

Aspal padat merupakan aspal yang berbentuk padat atau semi padat pada suhu ruang dan menjadi cair jika suhunya berubah menjadi panas/dipanaskan. Aspal padat dikenal nama semen aspal (*asphalt cement*). Oleh karena itu semen aspal harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai bahan pengikat agregat.

2. Aspal Cair

Aspal cair merupakan aspal yang berbentuk cair pada suhu ruangan. Aspal cair merupakan semen aspal yang dicairkan dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi seperti minyak tanah, bensin, atau solar.

3. Aspal Emulsi

Aspal emulsi merupakan suatu campuran aspal dengan air dan bahan pengemulsi yang dilakukan di pabrik pencampur. Aspal emulsi ini lebih cair dari pada aspal cair.

2.2 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. CPHMA memiliki keunggulan yaitu dalam penggunaan CPHMA dapat dipadatkan dingin sehingga sangat cocok digunakan untuk daerah yang berada jauh dari lokasi *Asphalt Mixing Plant* (AMP). Tetapi pada aplikasinya dilapangan CPHMA juga memiliki kelemahan dalam *workability* karena campuran yang sudah dingin lebih kaku sehingga lebih susah untuk dipadatkan karenanya mempengaruhi kinerja campuran [3].

CPHMA memiliki 2 jenis dalam pengemasnya yaitu dalam bentuk curah dan dalam bentuk kemasan. CPHMA dalam bentuk curah sebaiknya digunakan sebelum berumur 3 hari, sedangkan bahan CPHMA dalam kemasan kantong dapat disimpan sampai umur 3 bulan atau lebih, sesuai rekomendasi dari produsen dan disetujui oleh pengawas pekerjaan. Untuk memudahkan penanganan, bahan CPHMA dapat dikemas dengan berat 25-50 kg dalam kemasan yang kuat dan kedap udara. Bahan CPHMA diproduksi dengan formula campuran dan teknik pencampuran yang disetujui dan diawasi oleh produsen untuk menjamin mutu bahan CPHMA [4].

Penggunaan aspal CPHMA dapat membantu pembangunan jalan yang wilayahnya terisolir karena pengaplikasiannya dilapangan cukup mudah. Hal ini juga bisa memanfaatkan dengan maksimal potensi asbuton yang jumlahnya cukup banyak.

2.3 Penuaan Aspal

Penuaan aspal merupakan suatu parameter yang digunakan untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal. Penuaan aspal ini disebabkan oleh dua faktor utama yaitu: penguapan fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal dan oksidasi yang disebut dengan penuaan jangka pendek atau *short term oven aging*, dan oksidasi yang progresif yang disebut dengan penuaan jangka panjang atau *long term oven aging*. [5]. Hubungan antara indeks penuaan terhadap waktu ditunjukkan pada Gambar 2.1



Gambar 2. 1 Kecepatan Penuaan Aspal

Kedua macam proses penuaan aspal ini dapat menyebabkan terjadinya pengerasan pada aspal dan selanjutnya akan meningkatkan kekakuan pada campuran sehingga akan mempengaruhi kinerja pada campuran aspal tersebut. Peningkatan kekakuan ini akan meningkatkan ketahanan campuran terhadap deformasi permanen dan kemampuan untuk menyebarkan beban yang diterima, tetapi dilain pihak akan menyebabkan campuran menjadi lebih getas, sehingga akan cepat retak dan akan menurunkan ketahanan terhadap beban berulang. Akibat temperatur yang tinggi, pengerasan aspal akibat penuaan lebih cepat [6].

Proses penuaan aspal saat pencampuran disebut dengan penuaan jangka pendek dan penuaan aspal saat masa pelayanan pelayanan disebut dengan penuaan jangka panjang.

Pengujian penuaan aspal pada skala laboratorium dilaksanakan dengan cara memanaskan campuran aspal lepas pada oven selama 4 jam pada suhu 135°C sebelum dipadatkan untuk pengujian penuaan jangka pendek atau *short temp oven aging*. Sedangkan untuk penuaan jangka panjang atau *long temp oven aging* dilaksanakan dengan cara memanaskan benda uji padat pada temperatur 85°C selama 2 hari untuk umur kinerja atau pelayanan jangka waktu selama 5 tahun, dan 3 hari untuk pelayanan jangka waktu 10 tahun [7].

2.4 Karakteristik Marshall

Marshall merupakan salah satu pengujian yang dilakukan pada campuran aspal. Pengujian *Marshall* untuk mengetahui karakteristik dari suatu perkerasan lentur. Metode *Marshall* ini terdiri dari uji *Marshall* dan parameter *Marshall* yaitu: ketahanan (*stability*), kelelahan (*flow*), rongga antar butiran/*Void in Mineral Agregat (VMA)*, rongga dalam campuran/*Void In Mix (VIM)*, rongga terisi aspal/*Void Filled Bitumen (VFB)*, kerapatan (*density*) dan *Marshall Quotient (MQ)* [8].

2.4.1 Ketahanan (*Stability*)

Nilai stabilitas dapat diketahui melalui proses pengujian *Marshall*. Nilai dapat diketahui melalui proses pengamatan langsung pada jarum saat pengujian *Marshall* berlangsung. Nilai stabilitas dinyatakan dalam dimensi berat (kg) atau kN (1 kN = 100 kg). Menurut *The Asphalt Institute* (1983) dalam [9], Stabilitas *Marshall* adalah ketahanan suatu campuran menahan deformasi (*resistance of deformation*) akibat beban lalu lintas.

2.4.2 Kelelahan (*Flow*)

Nilai kelelahan sama seperti nilai stabilitas bisa didapatkan melalui pengujian *Marshall* dengan mengamati langsung jarum atau arloji kelelahan pada saat pengujian *Marshall*. Menurut *The Asphalt Institute* (1983) dalam [9] kelelahan (*flow*) adalah angka yang menunjukkan besarnya penurunan vertikal pada benda uji yang dinyatakan dalam mm atau 0,01 inci.

2.4.3 Rongga Antar Butiran/*Void in Mineral Agregate (VMA)*

Rongga antar butiran (*VMA*) adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran yang telah dipadatkan, yang dinyatakan dalam persen (%). Rongga antar butiran ini termasuk juga rongga yang terisi oleh aspal [10]. Volume rongga antar butiran dapat dihitung dengan Persamaan 2.1.

$$VIM = 100 \times \left(\frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

VIM : rongga udara dalam campuran padat, persen total campuran,

G_{mm} : berat jenis bulk campuran padat,

G_{mb} : berat jenis maksimum campuran, rongga udara nol.

2.4.4 Rongga Dalam Campuran/ *Void in Mix (VIM)*

Rongga dalam Campuran (*VIM*) adalah volume total udara yang berada di antara partikel agregat yang terselimuti aspal dalam suatu campuran yang telah dipadatkan, dan dinyatakan dalam persen (%) volume bulk (Puslitbang, 2000). Nilai *VIM* terhadap berat campuran dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2.

$$VIM = 100 - \left[\frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right] \dots \dots \dots (2.2)$$

dengan:

VIM : rongga di antara agregat, persentase dari volume total (%),

G_{mb} : berat jenis campuran setelah pemadatan (gr/cc),

P_s : berat jenis *bulk* agregat (gr/cc),

G_{sb} : kadar agregat, persen terhadap berat total campuran (%).

2.4.5 Rongga Udara Terisi Aspal (*Voids Filled with Bitumen/VFB*)

Rongga terisi aspal (*VFB*) adalah bagian dari rongga yang berada diantara mineral agregat (*VMA*) yang terisi aspal efektif, dinyatakan dalam persen (%). Dalam suatu campuran sudah tentu terdapat rongga (*void*), dimana rongga ini bisa terisi maupun tidak terisi. Rongga yang tidak terisi, artinya diisi oleh udara. Rongga terisi bisa diisi oleh air, aspal, maupun *filler* [10]. Nilai *VFB* dapat diketahui dengan menggunakan Persamaan 2.3.

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \dots \dots \dots (2.3)$$

dengan:

VFB : rongga yang terisi aspal, persentase dari *VMA* (%),

VMA : rongga di antara agregat, persentase dari volume total (%),

VIM : rongga di antara agregat, persentase dari volume total (%).

2.4.6 Kerapatan (*Density*)

Kerapatan adalah berat campuran aspal padat tiap satuan volume dan nilainya menyatakan tingkat kerapatan campuran setelah dipadatkan. Campuran aspal dengan nilai kerapatan yang tinggi bisa menahan beban yang lebih besar, begitu pula sebaliknya nilai kerapatan yang rendah tidak bisa menahan beban yang besar [9],

Marshall quotient adalah nilai yang didapatkan oleh nilai hasil bagi dari stabilitas dan kelelahan. Nilai *MQ* didapatkan dengan Persamaan 2.4

$$MQ = \frac{MS}{MF} \dots\dots\dots (2.4)$$

dengan:

MQ : Marshall Quotient (kg/mm),

MS : Marshall Stability (kg),

MF : flow Marshall (mm).

Campuran aspal CPHMA yang telah dipadatkan dengan jumlah tumbukkan 2 x 75, pada suhu ruang harus mencapai nilai sifat standar yang telah ditetapkan [4]. Adapun ketentuan sifat-sifat pada campuran aspal CPHMA ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 Ketentuan Sifat-sifat Campuran Aspal CPHMA

Sifat-sifat Campuran CPHMA		CPHMA Padat
Jumlah tumbukkan per bidang		75
Rongga dalam campuran (%)	Min	4
	Maks	10
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min	16
Rongga terisi aspal (%)	Min	60
Stabilitas Marshall (kg), temperatur udara	Min	500
Pelelehan (Flow) (mm)	Min	2
	Maks	5
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, temperatur udara	Min	70

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020)

2.5 Durabilitas

Durabilitas merupakan kemampuan beton aspal menerima beban lalu lintas seperti berat kendaraan dan gesekan antara roda kendaraan dan permukaan jalan, serta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air, atau perubahan temperatur [2].

Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai durabilitas pada campuran beraspal:

1. Film aspal atau selimut aspal, selimut aspal yang membungkus agregat pada campuran beraspal akan bekerja atau mengikat agregat dengan baik, tetapi jika kadar selimut aspal melebihi komposisi yang ada akan mudah terjadinya *bleeding* atau kegemukan yang mengakibatkan permukaan aspal menjadi licin.
2. *Void In Mix (VIM)* atau rongga dalam campuran kecil, sehingga campuran beraspal lebih kedap air dan udara. Rongga dengan jumlah yang besar dalam campuran beraspal akan mengakibatkan menurunnya daya dukung dari campuran beraspal.

Pengujian durabilitas pada campuran aspal CPHMA dilakukan dengan cara merendam benda

uji pada temperatur udara selama 30 menit dan 24 jam. Nilai perbandingan antar waktu 30 menit dan 24 jam dinyatakan dalam jumlah persen dan disebut dengan Indeks Kekuatan Sisa (IKS) [4]. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dapat dihitung dengan Persamaan 2.5.

$$IKS = \frac{S_1}{S_2} \times 100\% \dots\dots\dots (2.5)$$

dengan:

IKS : indeks Kekuatan Sisa (%),

S1 : stabilitas Marshall standar dengan perendaman selama 30 menit pada suhu ruang (kg),

S2 : stabilitas Marshall setelah perendaman 24 jam pada suhu ruang (kg).

Semakin tinggi nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) maka semakin tinggi juga ketahanan dan kekuatan campuran aspal. Menurut Bina Marga (2020) nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran aspal CPHMA sebesar 70%.

Pengujian sebelumnya mengenai durabilitas modifikasi yang bertujuan untuk melihat tingkat keawetan dengan perendaman lebih lama. Kriteria perendaman satu hari tidak selalu mencerminkan sifat keawetan dari campuran setelah beberapa waktu masa perendaman [12].

1. Indeks Durabilitas Pertama (IDP)

Indeks Durabilitas Pertama didefinisikan sebagai kelandaian yang berurutan dari kurva keawetan. Indeks Durabilitas Pertama (IDP) juga dapat didefinisikan sebagai nilai sensitivitas penurunan stabilitas benda uji terhadap lama perendaman. Indeks Durabilitas Pertama dinyatakan dalam (r) dihitung berdasarkan Persamaan 2.6.

$$r = \sum_{i=0}^{n-1} \frac{S_i - S_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan:

r : indeks Penurunan Stabilitas (%),

S_i : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_i** (%),

S_{i+1} : persentase kekuatan sisa pada waktu **t_{i+1}** (%),

t_i, t_{i+1}: periode perendaman, dimulai dari awal pengujian (jam).

Nilai “r” positif menunjukkan bahwa benda uji mengalami penurunan nilai stabilitas yang menandakan bahwa benda uji kehilangan kekuatan. Sedangkan “r” negatif menunjukkan bahwa benda uji mengalami kenaikan nilai stabilitas yang menandakan bahwa benda uji memperoleh kekuatan.

2. Indeks Durabilitas Kedua (IDK)

Indeks Durabilitas Kedua (IDK) didefinisikan sebagai persentase kehilangan kekuatan rata – rata selama satu hari antara

kurva keawetan dengan garis $S_o = 100$ %. Indeks Durabilitas Kedua (IDK) dinyatakan dalam (a) dihitung berdasarkan Persamaan 2.7.

$$a = \frac{1}{2t_n} \sum_{i=0}^{n-1} (S_i - S_{i+1}) [2t_n - (t_i + t_{i+1})] \dots (2.7)$$

dengan:

- a : persentase kehilangan kekuatan selama satu hari (%),
 t_n : persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%),
 S_i : persentase kekuatan sisa pada waktu t_i (%),
 S_{i+1} : persentase kekuatan sisa pada waktu t_{i+1} (%),
 t_i, t_{i+1} : periode perendaman, dimulai dari awal pengujian (jam).

Semakin kecil nilai IDK maka semakin kecil kehilangan kekuatan dan semakin besar nilai IDK maka semakin besar pula kehilangan kekuatannya. Indeks nilai durabilitas ini menunjukkan kehilangan kekuatan satu hari. Nilai “a” positif menunjukkan kehilangan kekuatan, sedangkan nilai “a” negatif menunjukkan bertambahnya kekuatan. Berdasarkan definisi tersebut, maka $a < 100$. Oleh karena itu, memungkinkan untuk menyatakan persentase kekuatan sisa satu hari (S_a) sebagai berikut:

$$S_a = (100 - a) \dots (2.8)$$

Nilai Indeks Durabilitas Kedua juga dapat dinyatakan dalam bentuk nilai absolut dari ekuivalen kehilangan kekuatan sebagai berikut:

$$A = \frac{a}{100} \times S_o \dots (2.9)$$

dengan:

- A : nilai absolut kehilangan kekuatan selama satu hari (kg),
 S_o : nilai absolut kekuatan awal (kg).

Berdasarkan definisi tersebut, maka nilai A < S_o , sehingga memungkinkan untuk menyatakan nilai absolut kekuatan sisa satu hari (S_A) sebagai berikut:

$$S_A = (S_o - A) \dots (2.10)$$

2.6 Ekstraksi

Ekstraksi adalah pemisahan campuran dua atau lebih bahan dengan cara menambahkan pelarut yang bisa melarutkan salah satu bahan yang ada dalam campuran tersebut. Pengujian ekstraksi menunjukan bahwa kehancuran gradasi agregat diakibatkan oleh beberapa partikel agregat yang hancur menaikan volume rongga udara dalam campuran yang menghasilkan penurunan kepadatan serta peningkatan VIM dan VMA. Tujuan dilakukan proses ekstraksi adalah untuk mengetahui kandungan aspal yang berada pada campuran aspal [10].

Kadar aspal dalam campuran CPHMA dapat diketahui melalui proses ekstraksi. Hal ini bertujuan

agar dapat mengetahui kandungan aspal yang terdapat pada campuran aspal. Nilai kadar aspal melalui proses ekstraksi dihitung pada Persamaan 2.11.

$$H = A - (E + D) / A \times 100\% \dots (2.11)$$

dengan:

- H : kadar aspal benda uji (%),
A : berat benda uji sebelum ekstraksi (gram),
D : berat kertas filter (gram),
E : berat benda uji setelah ekstraksi (gram).

Adapun kadar dan sifat aspal melalui hasil ekstraksi ditunjukkan pada Tabel 2.2.

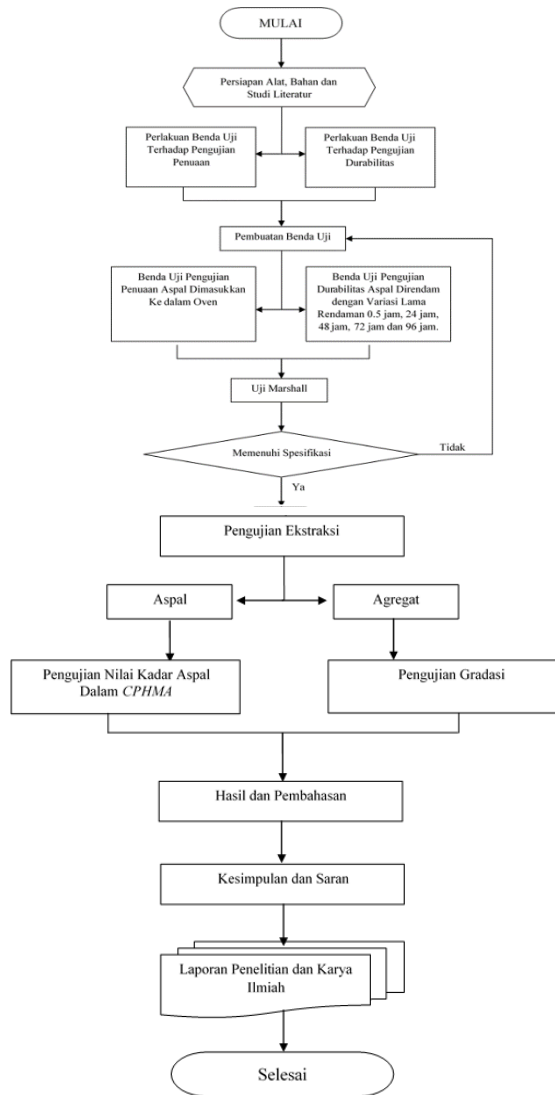
Uraian	Metode Pengujian	Persyaratan
Kadar Aspal (%)	SNI 03-3640-1994	6-8
Karakteristik Bitumen Hasil Ekstraksi		
Penetrasi 25°C, 100 g, 5 detik (0.1 mm)	SNI 2456:2011	Min 100
Titik Lembek (°C)	SNI 2434:2011	Min 40
Daktilitas pada 25°C, 5 cm/menit (cm)	SNI 2432:2011	Min 100

(Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020)

3 METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan eksperimen yang bertujuan untuk mendapatkan nilai-nilai yang diperlukan dalam penelitian ini. Pembuatan benda uji dan pengujian stabilitas *Marshall* dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Universitas Negeri Gorontalo. Sedangkan untuk pengujian ekstraksi dilakukan di Laboratorium UPTD Balai Pengujian Material Jalan dan Bangunan Dinas PUPR Provinsi Gorontalo. Standar dan pedoman pengujian mengacu pada ketentuan yang ditetapkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat melalui Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2, yang merujuk pada SNI, ASTM dan AASHTO.

Aspal CPHMA merupakan aspal yang siap pakai atau *ready mix*, jadi pengujian ini langsung dilakukan dengan membuat benda uji. Setelah benda uji dibuat dilakukan pengujian stabilitas *Marshall* dimana dari pengujian *Marshall* tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa parameter *Marshall*, yaitu stabilitas, *flow*, VIM, VMA, VFB kemudian dapat dihitung *Marshall Quotient*. Setelah pengujian stabilitas *Marshall* dilanjutkan dengan pengujian ekstraksi dan pengujian penuaan atau *aging*. Seluruh pengujian pada penelitian ini dijelaskan pada bagan alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Ekstraksi Aspal

Pengujian ekstraksi bertujuan untuk melihat kadar aspal dan persentase agregat. Pengujian ekstraksi ini dilakukan dengan alat ekstraksi jenis refluks. Kelebihan atau keunggulan dari ekstraksi refluks adalah hasil yang diperoleh dari pengujian ekstraksi dapat menyaring filler yang terkandung dalam campuran aspal lebih baik dan mendapatkan hasil yang lebih akurat dibandingkan dengan ekstraksi sentrifuga, hal ini dikarenakan ekstraksi refluks menggunakan uap dari cairan kimia yang membuat proses ekstraksi lebih baik. Pengujian ekstraksi refluks menggunakan cairan kimia berupa trichlorethylen/tec dan mengacu pada SNI-8279:2016. Hasil pengujian ekstraksi pada campuran aspal CPHMA ditunjukkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Kadar Aspal CPHMA

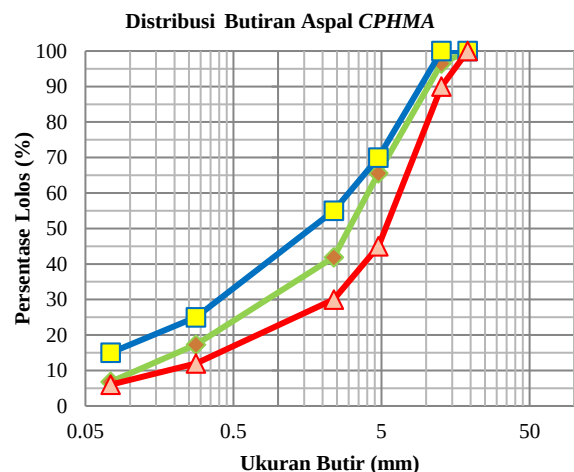
No	Nomor Uji	Benda uji 1	Benda uji 2
		1	2
1	Berat Campuran Sebelum (g)	500,3	500,4
2	Berat Filter Sebelum (g)	7,9	7,8
3	Berat Filter Sesudah (g)	18,4	16,6
4	Berat Debu dikertas Filter (g)	10,5	8,8
5	Berat Campuran Sesudah (g)	455,9	454,6
6	Berat Campuran Sesudah+Filter (g)	466,4	463,4
7	Berat Aspal (g)	33,9	36,6
8	Kadar Aspal (g)	6,78	7,33
9	Kadar Aspal Rata-rata (%)	7,05%	

4.2 Gradasi Agregat Campuran Aspal CPHMA Hasil Ekstraksi

Hasil pengujian agregat campuran aspal CPHMA ditunjukkan pada Tabel 4.2 dan Gambar 4.1

Tabel 4. 2 Gradasi Ukuran Butiran Melalui Hasil Ekstraksi

No. Saringan	Ukuran Butir (mm)	Berat Tertahan Saringan (gr)		Jumlah Berat Tertahan Saringan (gr)		Persentase (%)		Spesifikasi	
		I	II	I	II	Tertahan	Lolos	Max	Min
3/4 "	19,1	0	0	0	0	0	100	100	100
1/2 "	12,7	16,7	14,9	16,7	14,9	3,5	96,5	100	90
# 4	4,76	140,1	139,5	156,7	154,4	34,4	65,6	70	45
# 8	2,38	104	109,8	260,7	264,3	58,1	41,9	55	30
# 50	0,279	115,1	107,4	375,8	371,7	82,7	17,3	25	12
# 200	0,074	48,8	45,9	424,6	417,6	93,2	6,8	15	6
PAN	0	27,4	34,2	452	451,8	100	0	0	0



Gambar 4.1 Hubungan Persentase Lolos dan Ukuran Butiran Aspal CPHMA

4.3 Design Mix Formula Campuran Aspal CPHMA

Design mix formula pada campuran aspal CPHMA diperoleh melalui hasil analisis dari pengujian analisa saringan. Hal ini dikarenakan campuran aspal CPHMA merupakan campuran aspal yang siap pakai. *Design mix formula* pada campuran aspal CPHMA ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Design Mix Formula Campuran Aspal CPHMA

	Komposisi Campuran	Satuan	Hasil
1	Kadar Aspal Rencana	(%)	7,05
2	Total Campuran	(gr)	1.050
3	Total Aspal	(gr)	74,03
4	Bahan Aspal CPHMA	(gr)	74,03
5	Berat Agregat	(gr)	975,98
6	Persentase Agregat	(%)	0,93
7	Fine Agregat (FA)= 60,92%	(gr)	594,56
8	Coast Agregat (CA) = 3,24%	(gr)	280,50
9	Medium Agregat (MA)= 28,74%	(gr)	31,62
10	Total Agregat	(gr)	906,68

4.4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan Agregat Kasar dan Halus

Pengujian berat jenis *Coarse Aggregate (CA)* dan *Medium Aggregate (MA)* ditunjukkan pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan *Coarse Aggregate (CA)*

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	SNI 1969:2008	-	2,61	-
SSD	SNI 1969:2008	-	2,66	-
Apparent Specific Gravity	SNI 1969:2008	-	2,75	-
Absorbtion	SNI 1969:2008	%	1,92	Maks 3%

Tabel 4.5 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan *Medium Aggregate (MA)*

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	SNI 1969:2008	-	2,6	-
SSD	SNI 1969:2008	-	2,64	-
Apparent Specific Gravity	SNI 1969:2008	-	2,72	-
Absorbtion	SNI 1969:2008	%	1,72	Maks 3%

Tabel 4.6 Pengujian Berat Jenis dan Penyerapan *Fine Aggregate (FA)*

Pengujian	Metode Pengujian	Satuan	Hasil	Spesifikasi
Bulk Specific Gravity	SNI 1970:2008	-	2,63	-
SSD	SNI 1970:2008	-	2,68	-
Apparent Specific Gravity	SNI 1970:2008	-	2,76	-
Absorbtion	SNI 1970:2008	%	1,93	Maks 3%

4.5 Pengujian Marshall pada Campuran Aspal CPHMA

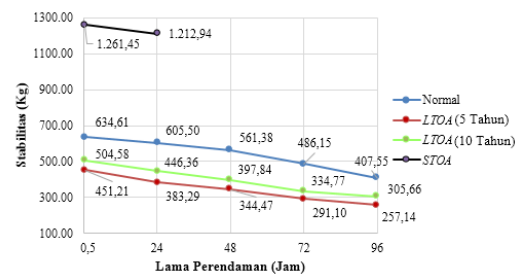
Adapun parameter *Marshall* pada Campuran Aspal CPHMA ditunjukkan pada Tabel 4.7

Tabel 4.7 Parameter *Marshall* pada Campuran Aspal CPHMA

No	Parameter-parameter Marshall	Spesifikasi	Kadar Aspal = 7,05 % Hasil
1	Stabilitas (kg)	500	634,61
2	Flow (mm)	39849,00	3,1
3	VIM (%)	10-Apr	7,56
4	VMA (%)	Min 16	22,89
5	VFB (%)	Min 60	66,96
6	Kepadatan (gr/cc)	-	2,17
7	Quotient (kg/mm)	-	206,24

4.6 Komparasi Nilai Stabilitas

Adapun komparasi nilai stabilitas ditunjukkan pada Gambar 4.2.

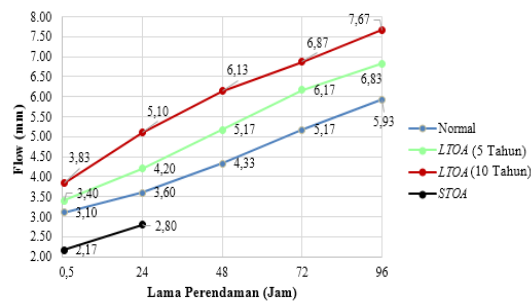


Gambar 4.2 Komparasi hubungan Nilai Stabilitas dan Lama Rendaman

Berdasarkan Gambar 4.2 nilai stabilitas yang diperoleh dengan semakin lama benda uji direndam maka semakin menurun juga nilai stabilitas yang diperoleh. Hal ini dipengaruhi oleh air yang masuk kedalam campuran benda uji dan merusak ikatan antar agregat didalamnya.

4.7 Komparasi Nilai Flow

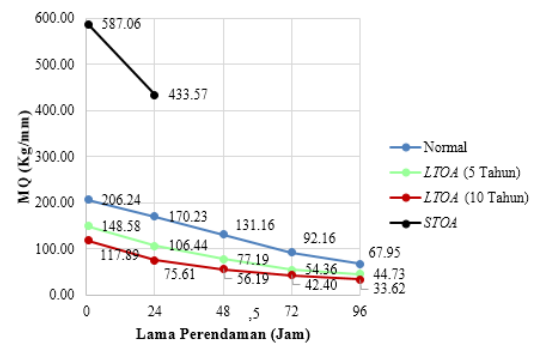
Adapun komparasi nilai flow ditunjukkan pada Gambar 4.3



Gambar 4.3 Komparasi hubungan Nilai Flow dan Lama Rendaman

4.8 Komparasi Nilai Marshall Quotien (MQ)

Nilai Marshall berbanding lurus nilainya dengan stabilitas. Semakin lama rendaman maka semakin rendah nilai Marshall Quotien yang diperoleh. Adapun komparasi nilai MQ ditunjukkan pada Gambar 4.4



Gambar 4.4 Komparasi Hubungan Nilai MQ dan Lama Rendaman

4.9 Durabilitas Terhadap Lama Rendaman

Pengaruh lama rendaman terhadap nilai durabilitas pada campuran aspal CPHMA dilihat dari nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) melalui uji durabilitas standar dan nilai Indeks Durabilitas melalui durabilitas modifikasi. Pengujian durabilitas modifikasi dengan variasi lama rendaman dapat menunjukkan persentase penurunan stabilitas yang tersisa seperti pada Indeks Durabilitas Pertama (IDP) yang didefinisikan sebagai kelandaian berurutan dari kurva keawetan yang terjadi terhadap benda uji. Adapun hasil pengujian durabilitas terhadap lama rendaman ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Hasil Pengujian Durabilitas Terhadap Lama Rendaman

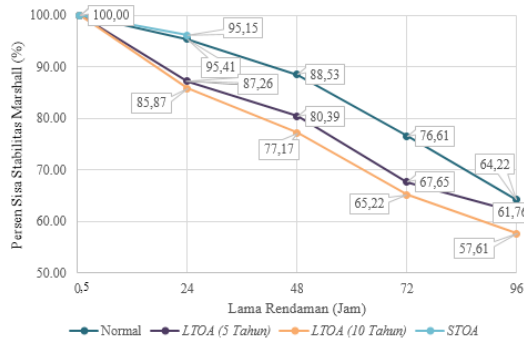
Sifat Marshall	Kondisi Benda Uji	Lama Rendaman (Jam)					Hasil
		0,5	24	48	72	96	
Stabilitas	Normal	634,61	605,50	561,83	486,15	407,55	-
	LTOA (5 tahun)	504,58	431,81	397,84	334,77	305,66	-
	LTOA (10 tahun)	451,21	383,29	344,47	291,10	257,14	-
	STOA	1261,25	1212,94				
Persen Sisa Stabilitas Marshall (%)	Normal	100	95,41	88,53	76,61	64,22	-
	LTOA (5 tahun)	100	85,58	78,85	66,35	60,58	-
	LTOA (10 tahun)	100	84,95	76,34	64,52	57,61	-
	STOA	100	96,15				-
Indeks Kekuatan Sisa							
Durabilitas Standar IKS (%)	Normal						95,41
	LTOA (5 tahun)						85,58
	LTOA (10 tahun)						84,95
	STOA						96,15
	Minimal						70

Tabel 4.8 lanjutan

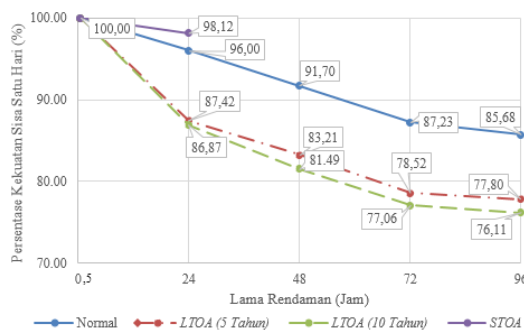
Sifat <i>Marshall</i>	Kondisi Benda Uji	Lama Rendaman (Jam)					Hasil
		0,5	24	48	72	96	
Indeks Kekuatan Sisa							
Durabilitas Standar IKS (%)	Normal						95,41
	<i>LTOA</i> (5 tahun)						85,58
	<i>LTOA</i> (10 tahun)						84,95
	<i>STOA</i>						96,15
	Minimal						70
Indeks Durabilitas Pertama (IDP)							
Kelandaian <i>r</i> (%)	Normal	-	0,20	0,29	0,50	0,52	1,49
	<i>LTOA</i> (5 tahun)	-	0,61	0,28	0,52	0,24	1,66
	<i>LTOA</i> (10 tahun)	-	0,64	0,36	0,49	0,31	1,81
	<i>STOA</i>	-	0,16				0,16
Indeks Durabilitas Kedua (IDK)							
Kehilangan Kekuatan Selama Satu Hari <i>a</i> (%)	Normal	-	4	4,30	4,47	1,55	14,32
	<i>LTOA</i> (5 tahun)	-	12,58	4,21	4,69	0,72	23,20
	<i>LTOA</i> (10 tahun)	-	13,13	5,38	4,44	0,95	23,89
	<i>STOA</i>	-	1,88				1,88
Kekuatan Sisa Selama Satu Hari <i>Sa</i> (%)	Normal	100	96,00	91,70	87,23	85,68	-
	<i>LTOA</i> (5 tahun)	100	87,42	83,21	78,52	77,80	-
	<i>LTOA</i> (10 tahun)	100	86,87	81,49	77,06	76,11	-
	<i>STOA</i>	100	98,12				-
<i>A</i> (Kg)	Normal	-	25,40	27,29	28,38	9,82	90,89
	<i>LTOA</i> (5 tahun)	-	79,85	26,70	29,75	4,58	140,87
	<i>LTOA</i> (10 tahun)	-	83,34	34,12	28,15	5,97	151,58
	<i>STOA</i>	-	11,95				11,95
SA (Kg)	Normal	634,61	609,21	581,92	553,54	543,71	-
	<i>LTOA</i> (5 tahun)	504,58	424,74	398,03	368,29	363,71	-
	<i>LTOA</i> (10 tahun)	451,21	367,87	333,75	305,60	299,63	-
	<i>STOA</i>	1261,45	1249,50				-

4.10 Komparasi Durabilitas Benda Uji

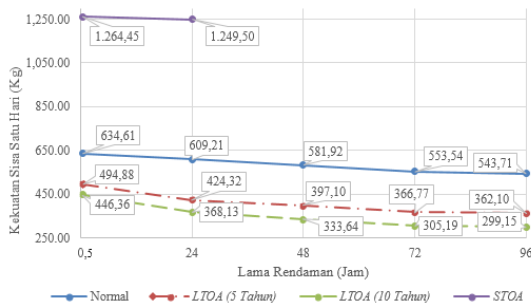
Komparasi atau perbandingan nilai durabilitas pada campuran aspal *CPHMA* ditinjau dari persen sisa stabilitas Marshall, persentase kekuatan sisa satu hari dan kekuatan sisa satu hari. Hasil komparasi durabilitas benda uji terhadap lama rendaman ditunjukkan pada Gambar 4.5, Gambar 4.6, dan 4.7.



Gambar 4. 5 Persen Sisa Stabilitas Marshall



Gambar 4. 6 Persentase Kekuatan Sisa Satu Hari



Gambar 4. 7 Kekuatan Sisa Satu Hari

Persen sisa stabilitas *Marshall* nilainya cenderung menurun seiring lamanya perendaman. Pada benda uji normal nilai minimum dari persen sisa stabilitas *Marshall* diperoleh pada rendaman selama 96 jam yaitu 64,22%, untuk benda uji *LTOA* 5 tahun pada rendaman 96 jam diperoleh persentase nilai sebesar 61,76%, untuk benda uji *LTOA* 10 tahun pada rendaman 96 jam diperoleh persentase nilai sebesar 57,61%, dan untuk benda uji *STOA* pada rendaman 24 jam diperoleh persentase nilai sebesar 96,15%. Persentase nilai untuk benda uji *STOA* selama 24 jam lebih tinggi nilainya

dibandingkan dengan benda uji normal pada rendaman 24 jam dengan nilai persentase sebesar 95,41%. Hal ini dipengaruhi pada saat pembuatan benda uji *STOA*, benda uji terlebih dahulu masuk ke dalam oven dalam keadaan curah dengan suhu 135°C selama 4 jam, ini membuat aspal dapat mengikat agregat dengan baik. Oleh karena itu nilai stabilitas yang dihasilkan oleh benda uji *STOA* lebih tinggi nilainya dibandingkan dengan benda uji yang dipadatkan dengan menggunakan suhu ruangan.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa campuran aspal *CPHMA* untuk kekuatan nilai stabilitasnya bergantung pada saat suhu pemadatan. Hal ini dikarenakan pada benda uji *STOA* dimana cara pembuatan benda uji *STOA* yang tidak dipadatkan dengan menggunakan suhu ruang melainkan dengan metode benda uji dimasukkan terlebih dahulu kedalam oven dengan suhu 135°C selama 4 jam kemudian dipadatkan dengan 75 kali tumbukkan tiap sisi benda uji. Proses tersebut membuat benda uji *STOA* memiliki nilai stabilitas lebih tinggi dibandingkan dengan benda uji normal yang dipadatkan dengan menggunakan suhu ruang. Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil pengujian kadar aspal dengan alat refluks, menggunakan cairan *trichlorethylene/tec* perhitungan nilai kadar aspal pada campuran aspal *CPHMA* diperoleh sebesar 7,05%. Nilai ini telah memenuhi spesifikasi umum Bina Marga 2018 revisi 2 yang menyebutkan kadar aspal *CPHMA* berada pada 6-8%.
2. Karakteristik *Marshall* untuk campuran aspal *CPHMA* dengan kadar aspal 7,05%, nilai stabilitas = 634,61 kg, *flow* = 3,1 mm, kepadatan = 2,05 gr/cc, *VIM* = 7,14%, *VMA* = 21%, *VFB* = 66,91%, dan *Marshall Quotient* = 206,24 kg/mm. Berdasarkan nilai karakteristik *Marshall* yang diperoleh, terbukti bahwa aspal *CPHMA* hanya diperuntukkan untuk beban kendaraan ringan hingga sedang. Hal ini untuk menjaga agar masa pakai atau pelayanan dari aspal *CPHMA* sesuai dengan yang telah direncanakan.
3. Nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) pada campuran aspal *CPHMA* dengan kondisi benda uji normal, *LTOA* 5 tahun, *LTOA* 10 tahun, dan *STOA* secara berturut-turut adalah 95,41%, 85,58%, 84,95%, dan 96,15%. Nilai Indeks Durabilitas Pertama (IDP) untuk kondisi benda uji normal, *LTOA* 5 tahun, *LTOA* 10 tahun, dan *STOA* secara berturut-turut adalah 1,49%, 1,66%, 1,81%, dan 0,16%. Nilai Indeks Durabilitas Kedua (IDK) untuk kondisi benda uji normal, *LTOA* 5 tahun, *LTOA* 10 tahun, dan

STOA secara berturut-turut adalah 14,32%, 23,20% 23,89%, dan 1,88%.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Balitbang PU, Rencana Strategis Lokal Asbuton, Bandung: PUSLI Jalan dan Jembatan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018.
- [2] S. Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, Bandung: Nova, 2003.
- [3] T. W. Suroso, Faktor-faktor Penyebab Kerusakan Dini, Jakarta: Puslitbang Jalan dan Jembatan, 2008.
- [4] Direktorat Jenderal Bina Marga, Spesifikasi Umum 2018 revisi 2, ed., Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2020.
- [5] M. A. Fikriaraz, "Pengaruh Penuaan Jangka Pendek pada Kuat Tekan Aspal Porus yang Menggunakan BGA(Buton Granular Asphalt)," Universitas Hasanuddin, Makassar, 2015.
- [6] Departemen Pekerjaan Umum , Pemanfaatan Asbuton Buku I, Buku 1 ed., Jakarta: Direktorat Jenderal Bina Marga, 2006.
- [7] S. Widodo, S. R. Harnaeni and E. Wijayanti, "Pengaruh Penuaan Aspal Terhadap Karakteristik Aspal Concrete Wearing Course," *Seminar Nasional Teknik Sipil UMS*, 2012.
- [8] Suhardi, P. Pratomo and H. Ali, "Studi Karakteristik Marshall pada Campuran Aspal dengan Penambahan Limbah Botol Plastik," *JRSDD*, vol. 4, no. 2, pp. 284-293, 2016.
- [9] I. N. A. Thanaya, I. W. Suweda and A. A. A. Sparsa, "Perbandingan Karakteristik Campuran *Cold Paving Hot Mix Asbuton (CPHMA)*," *Jurnal Teknik Sipil*, vol. 24, no. 3, pp. 247-256, 2017.
- [10] I. K. Dwipayana, "Perbandingan Kadar Aspal Hasil Ekstraksi pada AC-BC," Universitas Hindu Indonesia, Denpasar, 2018.
- [11] Puslitbang, Campuran Beraspal Panas dengan Pendekatan Kepadatan Mutlak, Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Transportasi, 2000.
- [12] R. Fahmi, S. M. Saleh and M. Isya, "Pengaruh Lama Rendaman Air Laut Terhadap Durabilitas Campuran Aspal Beton Menggunakan Penetrasi 60/70 yang Disubstitusi Limbah *Ethylene Vinyl Acetate (EVA)*," *Jurnal Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala*, vol. 6, no. 3, pp. 271-281, 2017.
- [13] S. Sukirman, Beton Aspal Campuran Panas, Bandung: Nova, 2003.