

**TESIS**

**ANALISA KARAKTERISTIK DAN STABILITAS  
MARSHALL ASBUTON LGA 50/30 UNTUK LASTON  
LAPIS AUS ASBUTON BUTIR (AC-WC ASB. BUTIR)**

**Disusun dalam Rangka Memenuhi Salah Satu Persyaratan Guna Mencapai  
Gelar Magister Teknik (MT)**



**Oleh :**

**LISTIA AYU NINGRUM**

**NIM : 20202000060**

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK SIPIL**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG**

**2025**

**HALAMAN PERSETUJUAN TESIS**

**ANALISA KARAKTERISTIK DAN STABILITAS MARSHALL  
ASBUTON LGA 50/30 UNTUK LASTON LAPIS AUS  
ASBUTON BUTIR (AC-WC ASB. BUTIR)**

Disusun Oleh:

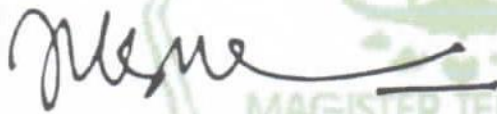
**LISTIA AYU NINGRUM**

**NIM : 20202000060**

Telah disetujui oleh:

Tanggal,  
Pembimbing I,

Tanggal,  
Pembimbing II,



Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si.  
NIK. 210288011



Dr. Hj. Hermin Poedji A. S.Si, M.Si.  
NIK. 210299028

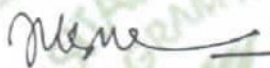
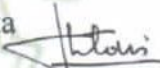
**HALAMAN PENGESAHAN TESIS**  
**ANALISA KARAKTERISTIK DAN STABILITAS MARSHALL**  
**ASBUTON LGA 50/30 UNTUK LASTON LAPIS AUS**  
**ASBUTON BUTIR (AC-WC ASB. BUTIR)**

Disusun Oleh:

**LISTIA AYU NINGRUM**

**NIM : 20202000060**

Dipertahankan di Depan Tim Penguji Tanggal: 27 Februari 2025  
Tim Penguji:

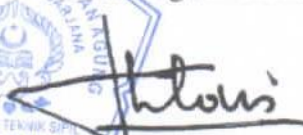
1. Ketua   
(Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si.)
2. Anggota   
(Dr. Hj. Hermin Poedji A. S.Si, M.Si.)
3. Anggota   
(Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.)

Tesis ini diterima sebagai salah satu persyaratan untuk  
memperoleh gelar Magister Teknik (MT)

Semarang, .....

Mengetahui,

Ketua Program Studi,


Prof. Dr. Ir. Antonius, MT.

NIK. 210202033

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Teknik,

  
  
Dr. Abdul Rochim, ST., MT.  
NIK. 210200031

## MOTTO

عَنْ سَمُرَةَ بْنِ جُنْدَبٍ قَالَ قَالَ رَسُولُ اللَّهِ -صلى الله عليه وسلم- « أَحَبُّ الْكَلَامِ إِلَى اللَّهِ أَرْبَعُ سُبْحَانَ اللَّهِ وَالْحَمْدُ لِلَّهِ وَلَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ وَاللَّهُ أَكْبَرُ. لَا يَضُرُّكَ بَابُهُنَّ بَدَأْتَ

“Ada empat ucapan yang paling disukai oleh Allah: Subhanallah, Alhamdulillah, Laa ilaaha illallah, dan Allahu Akbar. Tidak berdosa bagimu dengan mana saja kamu memulai.”

(HR. Muslim no. 2137).

## **HALAMAN PERSEMBAHAN**

Tulisan ini saya persembahkan kepada orang-orang terkasih, yang telah mendukung dan memberikan banyak manfaat pada perjalanan hidup saya. Terimakasih saya khususkan kepada kedua orang tua yang telah memberikan kehidupan kepada saya. Semoga tulisan ini dapat memberi sedikit manfaat untuk orang-orang terkasih dan kalayak umum.

## ABSTRAK

Penggunaan aspal untuk pembangunan jalan 1,2 juta ton dalam setahun, produksi dalam negeri baru menyuplai 0,6 juta ton, sisa kebutuhan lain ditopang impor. Asbuton memiliki kualitas dengan daya lekat yang lebih baik dari aspal minyak. Penelitian bertujuan mencari nilai stabilitas marshall, mengamati karakteristik dari asbuton LGA 50/30 dari Lawele untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan 5 (lima) varian asbuton berbeda, dan mencari selisih harga pokok produksi Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) jika dibandingkan dengan harga pokok produksi AC-WC aspal minyak dengan metode penelitian eksperimen. Karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) lebih tinggi dari AC-WC dari Aspal minyak biasa, secara visual untuk Laston dengan penambahan asbuton menghasilkan campuran warna yang *doff* dibandingkan Laston dengan Aspal minyak yang memiliki warna lebih hitam pekat dan mengkilat. Dari sampel yang diuji, pada KAO 6% dan kadar asbuton yang digunakan sebanyak 7,5% hasil Marshall nilai VIM 4,51%, VFB 73,76%, Stabilitas Marshall 1.614 Kg, Kelelehan 2,6 mm, MQ 601,3 Kg/mm, Stabilitas sisa setelah perendaman 24 jam 92,79%. Penggunaan asbuton pada campuran untuk Laston AC-WC dapat menghemat biaya pokok produksi sejumlah 1,33%.

*Kata Kunci: Laston AC-WC, Asbuton, Stabilitas Marshall*

## ABSTRACT

Asphalt use for road construction is 1,2 million tons a year, domestic production only supplied 0.6 million tons the remaining needs are supported by imports. Asbuton has been known for better adhesive quality than regular oil asphalt. The research aims to find the Marshall stability value by observing the characteristics of Asbuton LGA 50/30 from Lawele for Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular (AC-WC Asb. Granular) with 5 (five) different Asbuton variants and to find the cost difference in the production of Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular (AC-WC Asb. Granular) compared to the production cost of AC-WC oil asphalt using experimental research methods. The characteristics of Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular (AC-WC Asb. Granular) are higher than AC-WC from regular oil asphalt; visually, the AC-WC with Asbuton addition results in a matte color mixture compared to AC-WC Granular with oil asphalt which Asphalt Concrete-Wearing Course Asbuton Granular has a darker and more glossy black color. From the samples that have been tested, at optimum asphalt content level 6% and the amount of Asbuton used at 7.5%, the Marshall results are: VIM 4.51%, VFB 73.76%, Marshall Stability 1,614 Kg, Flow 2.6 mm, MQ 601.3 Kg/mm, and Residual stability after 24-hour immersion 92.79%. Using Asbuton in the mixture for Laston AC-WC can save production costs by 1.33%.

*Keywords: Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), Asbuton, Marshall Stability*



## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : LISTIA AYU NINGRUM

NIM : 20202000060

Dengan ini menyatakan bahwa Tesis yang berjudul:

**Analisa Karakteristik Dan Stabilitas Marshall Asbuton Lga 50/30 Untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)**

Adalah benar hasil karya saya dan dengan penuh kesadaran bahwa saya tidak melakukan tindakan plagiasi atau mengambil alih seluruh atau sebagian besar karya tulis orang lain tanpa menyebutkan sumbernya. Jika saya terbukti melakukan tindakan plagiasi, saya bersedia untuk menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Semarang, 27 Februari 2025



Listia Ayu Ningrum

## KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah, segala puji bagi Allah SWT penulis ucapkan, karena rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis ini dengan judul “Analisa Karakteristik Dan Stabilitas Marshall Asbuton Lga 50/30 Untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)”. Tesis ini diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Program Magister Teknik Sipil di Universitas Islam Sultan Agung Semarang. Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Abdul Rochim, ST., MT. selaku Dekan Teknik Sipil UNISSULA Semarang;
2. Prof. Dr. Ir. Antonius, MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil UNISSULA Semarang;
3. Bapak Dr. Ir. H. Soedarsono, M.Si. selaku Dosen Pembimbing 1, yang selalu memberikan kesediaan dan dukungan dalam menyusun laporan tesis penulis;
4. Dr. Hj. Hermin Poedji A. S.Si,M.Si. selaku Dosen Pembimbing 2, yang selalu memberikan kesediaan dan dukungan dalam menyusun laporan tesis penulis;
5. Seluruh dosen dan staff fakultas teknik UNISSULA yang telah membantu dalam menyelesaikan tesis ini;
6. PT Nisajana Hasna Rizqy, yang telah menyediakan ruang dan bahan uji untuk penelitian penulis;
7. Orangtua penulis yang selalu mendukung lahir batin penulis dalam menyelesaikan tesis ini;
8. Seluruh orang-orang tersayang, keluarga dan sahabat-sahabat tercinta yang sudah memberikan dukungan sampai saat ini.
9. Seluruh pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bila dalam tesis ini masih terdapat banyak kekurangan karena keterbatasan ilmu pengetahuan, kemampuan, dan pengalaman yang dimiliki. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk menjadikannya lebih baik dan menuju pada kesempurnaan.



Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat bagi banyak pihak, Aamiin.  
Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Semarang, Januari 2025

Penulis,

Listia Ayu Ningrum



## DAFTAR ISI

|                                                        |             |
|--------------------------------------------------------|-------------|
| <b>KATA PENGANTAR.....</b>                             | <b>viii</b> |
| <b>BAB I.....</b>                                      | <b>1</b>    |
| <b>PENDAHULUAN.....</b>                                | <b>1</b>    |
| 1.1    Latar Belakang.....                             | 1           |
| 1.2    Rumusan Masalah .....                           | 3           |
| 1.3    Tujuan Penelitian.....                          | 4           |
| 1.4    Batasan Masalah.....                            | 4           |
| 1.5    Manfaat Penulisan .....                         | 5           |
| 1.6    Sistematika Penulisan.....                      | 5           |
| <b>BAB II .....</b>                                    | <b>7</b>    |
| <b>TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                           | <b>7</b>    |
| 2.1    Pengertian Aspal.....                           | 7           |
| 2.2    Asbuton.....                                    | 7           |
| 2.3    Prinsip Kerja Asbuton .....                     | 10          |
| 2.2.1    Karakteristik Asbuton .....                   | 11          |
| 2.2.2    Kualitas Asbuton.....                         | 11          |
| 2.2.3    Asbuton Untuk Perkerasan.....                 | 11          |
| 2.2.4    Keunggulan Asbuton.....                       | 12          |
| 2.2.5    Kelemahan Asbuton .....                       | 12          |
| 2.2.6    Manfaat Asbuton dalam Campuran Beraspal ..... | 13          |
| 2.2.7    Proses Ekstraksi .....                        | 13          |
| 2.4    Hotmix.....                                     | 13          |
| 2.5    Agregat .....                                   | 14          |
| 2.5.1    Gradasi Terbuka (Open Graded).....            | 14          |
| 2.5.2    Gradasi Rapat (Desnse Graded).....            | 14          |
| 2.6    Aspal dalam Campuran .....                      | 16          |
| 2.7    Gradasi Agregat Gabungan .....                  | 18          |
| 2.8    Perhitungan Kadar Aspal.....                    | 18          |
| 2.9    Karakteristik <i>Marshall</i> .....             | 19          |
| 2.10    Analisa Harga .....                            | 21          |
| 2.11    Keaslian Penelitian .....                      | 22          |

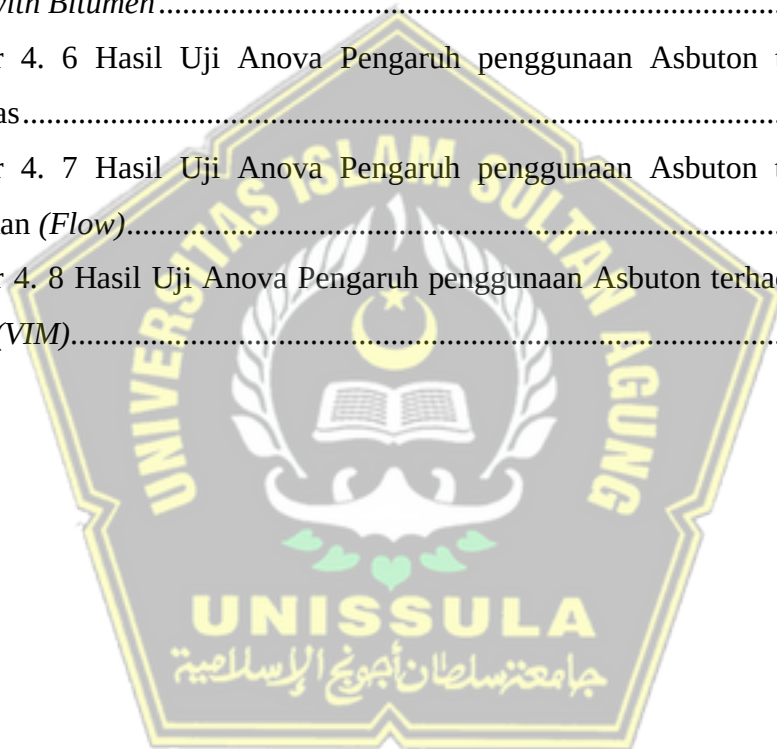
|                                              |                                                                                                     |           |
|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.12                                         | Jenis Penelitian .....                                                                              | 26        |
| <b>BAB III .....</b>                         |                                                                                                     | <b>27</b> |
| <b>METODELOGI PENELITIAN.....</b>            |                                                                                                     | <b>27</b> |
| 3.1                                          | Metode Penelitian.....                                                                              | 27        |
| 3.2                                          | Variabel Penelitian .....                                                                           | 27        |
| 3.3                                          | Langkah Penelitian .....                                                                            | 27        |
| 3.4                                          | Pengujian Sampel .....                                                                              | 31        |
| 3.5                                          | Bagan Alir Penelitian .....                                                                         | 33        |
| <b>BAB IV .....</b>                          |                                                                                                     | <b>35</b> |
| <b>HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN .....</b> |                                                                                                     | <b>35</b> |
| 4.1.                                         | Karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)....                                 | 35        |
| 4.2.                                         | Hasil Uji Marshall .....                                                                            | 36        |
| 4.3.                                         | Perhitungan harga produksi.....                                                                     | 48        |
| 4.4.                                         | Analisa Statistik Hasil Uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) ..... | 50        |
| <b>BAB V.....</b>                            |                                                                                                     | <b>56</b> |
| <b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>            |                                                                                                     | <b>56</b> |
| 5.1                                          | Kesimpulan.....                                                                                     | 56        |
| 5.2                                          | Saran.....                                                                                          | 56        |

## DAFTAR TABEL

|                                                                                                  |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabel 2. 1 Jenis Asbuton.....                                                                    | 10 |
| Tabel 2. 2 Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (Cold Bin) untuk campuran beraspal..... | 15 |
| Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus .....                                                         | 15 |
| Tabel 2. 4 Ketentuan Bahan Aspal Untuk Aspal Keras .....                                         | 16 |
| Tabel 2. 5 Ketentuan Aspal untuk Asbuton Pra-campur.....                                         | 17 |
| Tabel 2. 6 Ketentuan Asbuton Butir Tipe B 50/20 Dan Tipe B 50/30.....                            | 17 |
| Tabel 2. 7 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal .....                         | 18 |
| Tabel 2. 8 Ekstraksi Kadar Aspal Asbuton .....                                                   | 18 |
| Tabel 2. 9 Sifat Campuran Aspal Modifikasi.....                                                  | 19 |
| Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu .....                                                           | 22 |
| Tabel 3. 1 Jumlah sampel benda uji .....                                                         | 27 |
| Tabel 4. 1 Rekap Komposisi Dan Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 0% ..                        | 36 |
| Tabel 4. 2 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 0% .....                                       | 37 |
| Tabel 4. 3 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 0% .....                                         | 37 |
| Tabel 4. 4 Komposisi dan Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 2,5% .....                         | 38 |
| Tabel 4. 5 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 2,5% .....                                     | 39 |
| Tabel 4. 6 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 2,5% .....                                       | 40 |
| Tabel 4. 7 Rekap Komposisi dan Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 5% ...                       | 41 |
| Tabel 4. 8 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 5% .....                                       | 41 |
| Tabel 4. 9 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 5% .....                                         | 42 |
| Tabel 4. 10 Komposisi Campuran Kadar Asbuton 7,5% .....                                          | 43 |
| Tabel 4. 11 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 7,5% .....                                    | 44 |
| Tabel 4. 12 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 7,5% .....                                      | 44 |
| Tabel 4. 13 Komposisi Campuran Kadar Asbuton 10% .....                                           | 45 |
| Tabel 4. 14 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 10% .....                                     | 46 |
| Tabel 4. 15 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 10% .....                                       | 47 |
| Tabel 4. 16 Ringkasan Hasil Uji Marshall .....                                                   | 48 |
| Tabel 4. 17 Rekap Komposisi dan Harga Satuan Material Kadar Asbuton 0%.....                      | 49 |
| Tabel 4. 18 Rekap Komposisi dan Harga Satuan Material Kadar Asbuton 7,5%..                       | 49 |
| Tabel 4. 19 Perbandingan Harga Pokok Material .....                                              | 50 |

## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Gambar 4. 1 Sampel Asbuton 0% .....                                                                                   | 35 |
| Gambar 4. 2 Sampel Asbuton 10% .....                                                                                  | 35 |
| Gambar 4. 3 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Kepadatan ( <i>Density</i> ).....              | 51 |
| Gambar 4. 4 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai <i>Void In The Mineral Agregat (VMA)</i> ..... | 52 |
| Gambar 4. 5 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai <i>Void Filled with Bitumen</i> .....          | 52 |
| Gambar 4. 6 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Stabilitas.....                                | 53 |
| Gambar 4. 7 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Kelelehan ( <i>Flow</i> ).....                 | 54 |
| Gambar 4. 8 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai <i>Void In Mix (VIM)</i> .....                 | 55 |



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Infrastruktur dalam sebuah daerah menjadi salah satu bagian tolak ukur kemajuan daerah tersebut. Pembangunan memiliki ragam tujuan, untuk meningkatkan perekonomian, kesejahteraan, pelayanan, dan sarana penghubung maupun mobilisasi. Adanya pembangunan maka diharapkan pertumbuhan perekonomian, sosial dan budaya dalam masyarakat dapat berkembang selaras dengan kemajuan pembangunan.

Jalan merupakan salah satu bentuk fisik dari pembangunan. Jalan sebagai sarana mobilisasi menjadi bagian yang sangat penting. Sebagai Negara dengan persebaran penduduk yang luas memerlukan pembangunan jalan sebagai sarana mobilisasi.

Dikutip dari artikel Kementerian PUPR tentang pemahaman jenis dan Tipe Aspal Buton sebagai bahan perkerasan jalan yang ditulis pada tahun 2022 disebutkan bahwa sebagai media sarana untuk menghubungkan antar wilayah, kebutuhan aspal nasional sebagai material utama pembangunan jalan mencapai 1,2 juta ton kebutuhan aspal per tahun. Dari keseluruhan jumlah kebutuhan tersebut, suplai produksi dalam negeri baru dapat menyuplai 0,6 juta ton dari keseluruhan kebutuhan, dan sisa kebutuhan lain ditopang oleh impor.

Dengan dimilikinya kekayaan alam asbuton di Indonesia, defisit atau kekurangan kebutuhan aspal sebagai material jalan seharusnya dapat ditutup menggunakan asbuton. Hal tersebut dikarenakan jumlah asbuton yang ada di Indonesia diperkirakan mencapai 600 juta ton. Potensi alam tersebut akan bermanfaat jika inovasi penggunaan asbuton digalakan sesuai dengan peraturan menteri PUPR tahun tentang penggunaan asbuton yang dirilis tahun 2018 sebagai bahan material untuk pekerjaan preservasi jalan.

Asbuton adalah singkatan dari Aspal Buton atau aspal batu Buton kekayaan alam dari pulau Buton Sulawesi. Aspal buton ini berasal dari butiran



batuan yang didalamnya terkandung mineral aspal. Dalam pemanfaatannya asbuton harus melalui pengolahan untuk mengetahui

jumlah kandungan aspal serta pemisahan antara mineral aspal dengan material lain.

Pengaplikasian asbuton sebagai pengganti aspal minyak masih terus memerlukan banyak inovasi. Selain karena jumlah mineral yang terkandung dalam butiran asbuton tidak sama rata, juga sifat dari asbuton yang berbeda dengan aspal minyak pada umumnya. Hal tersebut menjadikan beberapa pengusaha harus menyesuaikan alat *Asphalt Mixing Plant (AMP)* mereka untuk bisa mengolah asbuton. Untuk menghindari kerusakan alat serta hasil pencampuran material yang dikarenakan oleh karakteristik yang dibawa oleh asbuton dan perawatan khusus untuk pengolahan asbuton seperti suhu saat proses pencampuran berlangsung.

Asbuton memiliki kualitas dengan daya lekat yang lebih baik dari aspal minyak biasa, akan tetapi perawatan atau proses produksi dari asbuton memerlukan teknik khusus yang sampai saat ini masih terus dilakukan penyesuaian. Hasil dari penelitian yang dilakukan sebelumnya, oleh (Qamar & Agus, 2022) bahwa hasil uji sampel pada campuran asbuton, hasil stabilitas marshall, kelenturan dan daya lekatnya memiliki nilai yang positif. Dari beberapa varian yang digunakan yaitu variasi 5,5% yaitu sebesar 1.131 kg, nilai stabilitas tertinggi adalah 6,5% yaitu sebesar 1.946 kg, sedangkan nilai stabilitas variasi 6% adalah 1.549 kg dari ketiga variasi di atas memenuhi spesifikasi yaitu  $\geq 800$  kg mengalami kenaikan yang cukup signifikan. Penggunaan asbuton diharapkan menghasilkan konstruksi jalan yang lebih baik dan umur perkerasan yang relatif lebih lama dan kokoh terhadap perubahan temperatur.

Dengan digaungkannya asbuton untuk pembangunan dan preservasi jalan oleh Kementerian, pemahaman akan penggunaan asbuton sudah seharusnya turut untuk dikembangkan. Asbuton bukan bahan yang baru saja ditemukan, tetapi asbuton yang memiliki karakteristik yang sedikit berbeda dengan aspal minyak. Sehingga dengan semakin banyak literature penggunaan asbuton diharapkan semakin massive. (Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018)

Seiring dengan hal diatas, nilai tingkat komponen dalam negeri menjadi pendukung untuk mendorong produsen melirik deposit aspal asli Indonesia ini. Hal senada dengan keinginan pemerintah untuk stop impor aspal dari luar negeri. Terutama untuk bidang preservasi jalan yang menjadi penyerap penggunaan material aspal. (Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat, 2018)

Asbuton memiliki kekentalan diatas aspal minyak. Jika tidak diformulasikan dengan tepat, maka sifat asbuton yang lebih keras membuat asbuton menjadi lebih getas untuk temperature tertentu. Hal itu berbanding terbalik dengan aspal minyak yang memiliki sifat lebih lembek. Dalam penelitian ini penulis mencari penggunaan campuran optimal asbuton sebagai Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) yang memiliki nilai stabilitas marshall yang memenuhi standar spesifikasi untuk laston AC-WC. Dengan mengamati karakteristik dan stabilitas marshall dari asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) melalui hasil uji marshall. Penggunaan asbuton akan divariasikan menggunakan 5 (lima) varian berbeda.

Pada penelitian ini selain pembahasan karakteristik dan stabilitas marshall pada Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) juga akan dibahas bagaimana harga pokok produksi Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) jika dibandingkan dengan harga pokok produksi Laston Lapis Aus dengan menggunakan aspal minyak. Penelitian menggunakan varian asbuton untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) sebanyak 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10 % dari penggunaan kadar aspal optimum. Penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh (Qamar & Agus, 2022) menggunakan rentang prosentase pendek yaitu 5,5%, 6,0% dan 6,5%, dan penelitian sebelumnya oleh (Haikal et al., 2024) menggunakan prosentase dengan jenjang tinggi yaitu 7%, 8%, dan 9%, dan oleh (Angka & Kushari, 2018) kadar asbuton yang digunakan adalah sebanyak 8%. Sehingga pada penelitian ini dengan penambahan asbuton secara bertahap dari varian terkecil sampai varian 10% akan dapat terbaca secara rinci perubahan berkala sampai ditemukan penambahan maksimal asbuton sebagai bahan substitusi.

## 1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana karakteristik asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)?
2. Bagaimana stabilitas marshall asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)?
3. Bagaimana nilai ekonomis dari asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)?

### 1.3 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui karakteristik asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir).
2. Untuk memperoleh nilai stabilitas marshall asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) sebagai penentu kadar aspal optimum yang dapat digunakan.
3. Untuk menganalisa nilai ekonomis dari asbuton LGA 50/30 untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir).

### 1.4 Batasan Masalah

1. Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental di laboratorium.
2. Spesifikasi Umum Tahun 2018 Revisi 2 Kementerian PUPR Dirjen Bina Marga Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.
3. Bahan pengikat Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) yang digunakan adalah asbuton LGA 50/30 dari Lawele dan aspal PEN 60-70.
4. Agregat kasar untuk sampel penelitian Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir ) adalah agregat uniform graded, agregat dengan gradasi seragam dan atau gradasi terbuka open graded.
5. Formula komposisi agregat dipengaruhi oleh penggunaan presentasi Asbuton untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) sesuai spesifikasi dari Spesifikasi Umum Tahun 2018 Revisi 2 Kementerian PUPR Dirjen Bina Marga Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan.

6. Kadar asbuton untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) sebanyak 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, 10 % dari penggunaan kadar aspal optimum.
7. Karakteristik asbuton untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) meliputi berat jenis campuran, warna atau visual dari campuran.
8. Nilai stabilitas marshall meliputi Kelelehan (*Flow*), *Marshall Quetient (MQ)*, *Void In Mix (VIM)*, *Void In The Mineral Agregat (VMA)*, *Void Filled With Bitumen (VFB)*.
9. Analisa nilai ekonomis meliputi perhitungan harga material asbuton sebagai bahan substitusi pada Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dapat mengurangi biaya pokok produksi atau menambah biaya pokok produksi.

#### 1.5 Manfaat Penulisan

Manfaat penelitian ini untuk mencari kadar aspal terbaik melalui nilai karakteristik dan stabilitas marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir). Dengan penggunaan kadar asbuton yang semakin tepat akan menghasilkan konstruksi jalan yang lebih kokoh, lebih tahan terhadap temperature dan memiliki umur yang lebih lama. Diketahui bahwa wilayah Indonesia merupakan wilayah tropis dengan suhu pada permukaan jalan yang tinggi penggunaan asbuton tepat dikarenakan sifat dan karakteristik asbuton yang tahan terhadap panas dan perubahan temperature. Penggunaan asbuton sebagai bahan campur dapat mengurangi penggunaan bahan impor yang artinya dapat mengangkat nilai ekonomi hasil bumi Indonesia. Semakin baik kualitas campuran yang dihasilkan maka dapat menghasilkan kualitas konstruksi jalan yang baik pula.

#### 1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika pada penelitian ini adalah:

#### BAB I Pendahuluan

Berisi latar belakang penelitian, rumusan masalah yang digunakan dalam penelitian tujuan penelitian, hipotesis dari penelitian, dan batasan masalah dalam penelitian

## BAB II Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka mengacu pada teori yang digunakan sebagai pendukung penelitian, teori-teori yang rujuk oleh penelitian sebelumnya.

## BAB III Metode Penelitian

Metode penelitian menjelaskan tentang proses dan alur penelitian. Menjelaskan bahan serta alat yang akan digunakan dalam penelitian. Dalam metode penelitian dilengkapi dengan flowchart penelitian.

## BAB IV Hasil dan Pembahasan

Dalam bab ini disajikan data dan analisa penelitian yang dilakukan sesuai dengan teori yang digunakan dalam BAB II dan alur yang di jelaskan dalam BAB III. Dalam bab ini akan didapatkan hasil dari penelitian.

## BAB V Kesimpulan dan Saran

Penutup berisi tentan kesimpulan dari penelitian, saran dan pandangan dari hasil penelitian tersebut.



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pengertian Aspal

Aspal merupakan jenis material yang digunakan pada pekerjaan perkerasan jalan. Aspal memiliki temperatur ruang berbentuk padat, yang terdiri atas hidrokarbon, sulfur, dan klor. Dalam temperature tertentu aspal dapat berubah bentuk menjadi cair, dan akan kembali menjadi padat apabila suhunya sudah turun. Selain sebagai material untuk perkerasan jalan, dewasa ini aspal juga dimanfaatkan untuk coating atap dan sebagai produk untuk waterproofing. Berdasarkan cara perolehan aspal dibedakan menjadi aspal buatan dan aspal alam atau bitumen. Aspal memiliki beragam jenis dengan bentuk dan kegunaan yang berbeda, sebagai berikut:

1. Aspal Cair

Aspal cair adalah jenis aspal keras yang sudah melalui tahapan industri dengan dicampur pelarut.

2. Aspal Emulsi

Jenis aspal dari butiran halus yang dilarutkan dengan air. Aspal emulsi memiliki bentuk fisik lebih cair daripada aspal cair.

3. Aspal Keras

Aspal dari hasil penyulingan minyak bumi (*Napthan base crude oil*).

4. Aspal Granular

Aspal granular adalah jenis aspal yang dihasilkan dari alam, didapatkan dengan cara ditambang dan penggunaannya harus melalui proses ekstraksi atau pemisahan mineral. Aspal jenis ini biasa disebut dengan aspal bitumen alam.

(Hasriana, 2018)

#### 2.2 Asbuton

Asbuton adalah batuan alam yang terdiri dari bitumen dan bahan mineral lain. karena asbuton langsung didapatkan dari alam, maka kandungan bitumen dari asbuton bervariasi, tidak menentu dari daratan mana asbuton ditambang. Sehingga



untuk penggunaannya asbuton memerlukan ekstraksi untuk mengetahui kadar kandungan bitumen. Maka dari itu asbuton memerlukan proses pengolahan lain dan mulai masuk dalam industri asbuton. (Hasriana, 2018)

Penemuan asbuton bermula pada 1942 di pulau Buton Provinsi Sulawesi Tenggara. Dua tahun kemudian Asbuton digunakan sebagai material untuk perkerasan jalan. Dari data disebutkan jika deposit asbuton Indonesia sebanyak 677 juta ton setara dengan penggunaan aspal minyak sebanyak 170 juta ton dan menjadi sumber deposit aspal terbesar di dunia. Saat ini total kebutuhan aspal dipenuhi oleh Pertamina sebesar 30 persen dan 70 merupakan aspal impor. (Rizal, 2016)

Aspal Buton bisa ditemukan di daerah puncak atau daerah lereng antiklinal. Batuan alam penyusun di Daerah Kabungka terdiri atas lima lapisan batuan yaitu batuan Winto, Ogene, Tobelo, Tondo, dan Sampolakosa. Dari kelima lapisan hanya Sampalakosa lapisan dengan kadar bitumen tinggi yang disebabkan oleh pori-pori dalam batuan. Beberapa teori cara terbentuknya aspal alam, antara lain menurut Abdul Rosyid, 1996 sebagai berikut :

1. Cara aliran (overflow) terjadi dalam tiga bentuk :
  - a. Spring
  - b. Lake.
  - c. Seepage
2. Impregnasi aspal dalam batuan (*impregnating rock*), aspal yang cair mengalir dan masuk dalam pori-pori batuan yang dilewati, sehingga bersatu dengan batuan di mana aspal itu mengalir.
3. Filling vein, aspal yang mengalir melalui patahan dan mengisi patahan tersebut hingga membentuk seperti urat (*vein*). Aspal Kabungka oleh beberapa ahli diperkirakan hasil dari impregnasi aspal cair yang masuk ke dalam celah batuan disekitarnya. Aspal buton terjadi di sepanjang zona sisi timur Lawele.

Asbuton adalah batu kapur yang halus yang terbentuk dari jasad binatang purba foraminifera mikro yang mempunyai sifat halus, relatif keras, dan memiliki kadar kalsium karbonat tinggi sehingga cocok untuk dijadikan sebagai filler pada



beton aspal. Mineral pada Asbuton memiliki gumpalan filler besar dan poros. Hal tersebut menjadi kendala dimana pada tahun 80-an atau masih dikenal dengan nama Lastbutag, mineral asbuton saat pencampuran berubah menjadi kantong-kantong butiran yang halus (filler) setelah masa pelayanan. Atau pada kasus lain, asbuton setelah masa tertentu akan mengalami bleeding. Faktor yang menyebabkan hal tersebut adalah kandungan minerap pada asbuton yang sebelumnya berbentuk butiran besar atau kasar menyerap dan berubah menjadi betuk butiran yang lebih kecil dan lebih halus sehingga mendesak kandungan aspal dalam butiran untuk keluar. Asbuton memiliki kandungan Nitrogen Base yang membuat asbuton memiliki daya lekat tinggi. Namun jika digabungkan dengan karakteristik lain, nilai penetrasi pada asbuton tergolong rendah dan bersifat getas. Maka untuk dapat digunakan sebagai bahan material pada perkerasan jalan, penggunaan asbuton harus diperhatikan agar karakteristik campuran yang dihasilkan mendekati dengan karakteristik dari aspal minyak.

Asbuton adalah batuan padat yang terbentuk melalui proses geologi. Minyak bumi yang terdorong ke permukaan dan masuk kedalam batuan porous menjadi proses terbentuknya asbuton. Berdasarkan kadar rata-rata bitumen yang terkandung dalam asbuton, maka asbuton dikelompokkan menjadi lima kelompok:

1. Asbuton dengan kadar bitumen rata-rata 10% (B10)
2. Asbuton dengan kadar bitumen rata-rata 13% (B13)
3. Asbuton dengan kadar bitumen rata-rata 20% (B20)
4. Asbuton dengan kadar bitumen rata-rata 25% (B25)
5. Asbuton dengan kadar bitumen rata-rata 30% (B30) (Wijayanto, 2013)

Sejalan dengan penggunaan asbuton untuk perkerasan jalan, asbuton mulai diproduksi menjadi produk pabrikasi. Dari hasil pengolahan tersebut maka aspal granular ini dibedakan menjadi tiga jenis yaitu:

1. Asbuton Butir

Asbuton ini masih dari alam dan hanya melalui proses pengolahan menggunakan crusher sampai mencapai butiran tertentu untuk kemudian siap diedarkan dipasaran.

## 2. Asbuton Murni

Asbuton murni merupakan asbuton yang sudah melalui proses ekstraksi atau pemisahan Antara bitumen dengan mineral lain yang tercampur dalam asbuton. Asbuton murni dapat langsung digunakan tanpa melalui proses ekstraksi.(Setiawan, 2011)

Tabel 2. 1 Jenis Asbuton

| Uraian               | Jenis Asbuton/Merk Produksi |          |          |      |       |       | Satuan |
|----------------------|-----------------------------|----------|----------|------|-------|-------|--------|
|                      | Konv.*)                     | Halus.*) | Mikro.*) | BRA  | BGA   | LGA   |        |
| Kadar aspal          | 13-20                       | 20       | 25       | 20   | 20-25 | 25-40 | %      |
| Kadar air            | > 6                         | 6        | 2        | < 2  | < 2   | < 2   | %      |
| Ukuran butiran maks. | 12,5                        | 14,7     | 2,36     | 1,18 | 1,18  | mm    |        |
| Kemasan              | Curah                       | Ktg      | ktg      | krng | Krg   | krng  | -      |

Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum, 2006

## 3. Asbuton Pra Campur (pre-blended)

Asbuton pra-campur adalah proses penggabungan asbuton butir hasil proses refine dengan kandungan bitumen 60% sampai dengan 90% dengan aspal pen 60 dalam komposisi kebutuhan aspal dalam campuran. Dalam prosesnya asbuton dapat langsung dicampur dengan agregat.

### 2.3 Prinsip Kerja Asbuton

Pada umumnya, untuk pekerjaan pengaspalan pemasangan asbuton dilakukan dengan langkah berikut:

1. Proses pencampuran agregat dan aspal dilakukan dengan Asphalt Mixing Plant (AMP) untuk menghasilkan produk campuran aspal panas.
2. Penghamparan campuran aspal panas pada permukaan yang akan dilakukan pengaspalan dengan bantuan alat penghampar, dan untuk campuran aspal dingin menggunakan cara manual.

3. Proses pemadatan aspal untuk mencapai ketentuan spesifikasi pengaspalan.

Dalam lapisan beraspal, fungsi asbuton sebagai berikut:

1. Sebagai bahan tambah untuk meningkatkan kerja lapisan beraspal dalam menerima beban lalu lintas.
2. Pengganti aspal keras pada lapis macadam. Asbuton yang digunakan umumnya asbuton yang sudah melalui proses pemisahan dengan mineral lain atau biasa disebut asbuton murni.
3. Sebagai bahan tambah atau bahan substitusi.

#### 2.2.1 Karakteristik Asbuton

Asbuton di Indonesia dibedakan atas dua sifat, yaitu pertama asbuton dengan batuan yang cenderung lunak karena memiliki sifat bitumennya yang memiliki nilai penetrasi mencapai 30 dmm dari Lawele. Dan asbuton Kabangka yang sudah lebih dulu dikenalkan namun memiliki sifat yang lebih keras jika dibandingkan dengan asbuton Lawele. Hal itu disebabkan karena kandungan bitumen dari asbuton Kabangka memiliki nilai penetrasi yang keras  $<10$  dmm.

Berat jenis untuk campuran aspal modifikasi dengan asbuton yang diatur dalam pedoman pelaksanaan lapis campuran beraspal panas adalah minimal 1,0. Dengan penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi, memberikan perbedaan visual campuran yang dihasilkan. Campuran menggunakan aspal minyak memiliki warna yang lebih pekat dan mengkilat, dan untuk campuran menggunakan asbuton menghasilkan warna campuran yang kusam dan berwarna hitam pekat.

#### 2.2.2 Kualitas Asbuton

Kadar aspal dalam asbuton bervariasi, antara 10% hingga 40%. Lebih besar jika dibandingkan dengan kadar aspal alam dari negara lain. Dimana seharusnya Indonesia mampu mencukupi kebutuhan aspal secara mandiri. Asbuton memiliki titik leleh lebih tinggi dibandingkan dengan aspal minyak. Dengan sifat asbuton yang tahan terhadap panas membuat asbuton tidak mudah meleleh. (Hasriana, 2018)

#### 2.2.3 Asbuton Untuk Perkerasan

Prinsip dari asbuton adalah sebagai bahan pengikat agregat. Asbuton di dalam lapisan beraspal akan berfungsi sebagai berikut :

1. Asbuton yang digunakan dalam perkerasan jalan berfungsi untuk

meningkatkan kemampuan dalam menahan beban kendaraan yang melintas. Dalam perkerasan jalan asbuton yang biasa digunakan adalah asbuton dengan kadar bitumen rendah.

2. Sebagai substitusional aspal keras, asbuton yang digunakan adalah asbuton jenis LGA murni yang sudah melalui proses pengolahan dan pemurnian, serta asbuton butir, asbuton dengan bentuk pecahan kecil dengan gradasi tertentu.

#### 2.2.4 Keunggulan Asbuton

Keunggulan dari asbuton adalah selain mineral alam dengan jumlah deposit yang masih besar, asbuton yang digunakan sebagai bahan substitusi cenderung menghasilkan campuran dengan mutu yang lebih baik dari aspal minyak. Berikut keunggulan dari campuran asbuton sebagai bahan substitusional :

1. Asbuton memiliki sifat lebih tahan terhadap perubahan temperatur.
2. Stabilitas dinamis dari campuran beraspal yang lebih tinggi.
3. Nilai Stabilitas Marshall campuran beraspal yang lebih tinggi.
4. Meningkatkan umur konstruksi (dari hasil uji fatigue).
5. Nilai modulus yang meningkat Kecenderungan tersebut terjadi karena Asbuton mengandung bahan aromatik dan resin yang tinggi, sehingga di dalam campuran Asbuton mempunyai:
  - a. Daya lekat agregat lebih tinggi (anti stripping)
  - b. Nilai kelenturan yang dihasilkan lebih tinggi (fatigue life) sehingga asbuton tepat digunakan untuk :
  - c. Daerah dengan iklim tropis atau cenderung panas.
  - d. Cocoklandasan atauperkerasan dengan mutu yang tinggi.

#### 2.2.5 Kelemahan Asbuton

Meskipun sudah melalui proses fabrikasi, asbuton memiliki beberapa kelemahan yaitu :

1. Inkonsistensi kualitas abuton yang disebabkan oleh kadar bitumen dalam setiap butiran.
2. Inkonsistensi dari Penetrasi bitumen
3. Asbuton mengandung kadar air dalam butiran materialnya.
4. Penggunaan alat AMP yang harus melalui proses modifikasi untuk pencampuran asbuton.

5. Suplai asbuton masih belum merata.
6. Penggunaan asbuton yang masih harus beradaptasi dengan perubahan suhu yang cepat.
7. Harga Perolehan:
  - a. Bahan Baku
  - b. Biaya Angkut
  - c. Biaya untuk pengolahan Asbuton

Selain kelemahan tersebut, ketidak pahaman dalam pengaplikasian asbuton juga dapat menimbulkan permasalahan tersendiri, yaitu tidak berfungsinya asbuton sebagai bahan substitusi dengan baik. Sehingga penilaian terhadap asbuton menjadi buruk dan dinilai sebagai penyebab dari kerusakan.

#### 2.2.6 Manfaat Asbuton dalam Campuran Beraspal

Kelebihan yang dimiliki asbuton adalah asbuton memiliki kandungan Parameter Maltene dan Nitrogen yang relatif tinggi, dan kandungan mineral kapur silika. Secara teknis, kandungan yang dimiliki tersebut jika bekerja pada campuran beraspal akan meningkat sifat tekniknya. Secara finansial dengan karakteristik yang dimiliki maka untuk asbuton dari wilayah tertentu dimungkinkan memiliki nilai yang lebih ekonomis. Mengikut pada harga aspal pada daerah tersebut.

#### 2.2.7 Proses Ekstraksi

Proses ekstraksi pada asbuton adalah suatu proses untuk memisahkan komponen antara zat padat dengan zat cair. Ekstraksi asbuton merupakan ekstraksi dari padat ke cair atau leaching. Pemindahan komponen cair yang larut (bitumen) dari gumpalan atau butiran padat asbuton. Proses ini melewati penghancuran butiran asbuton menjadi ukuran tertentu untuk mempermudah proses pelepasan komponen cair atau bitumen dari zat padat tersebut.

Ekstraksi pada asbuton dilakukan untuk mendapatkan bitumen murni, dengan kadar tertentu. Setelah proses pengeluaran bitumen, maka pencampuran asbuton sebagai bahan tambah aspal atau sebagai bahan pengikat terhadap agregat lain dapat dilanjutkan seperti proses pencampuran aspal pada umumnya.

### 2.4 Hotmix



Untuk menjadi produk yang siap dihamparkan menjadi perkerasan jalan, maka asbuton harus melalui proses mixing untuk kemudian menjadi produk *hotmix* siap hampar. Berikut bahan yang digunakan dalam pembuatan hotmix :

## 2.5 Agregat

Salah satu penentu kekuatan perkerasan jalan dalam menerima beban lalu lintas dan daya tahan terhadap cuaca adalah pada agregat yang digunakan. Kebersihan, bentuk butiran, tekstur permukaan, gradasi, berat jenis agregat, absorpsi, dan daya lekat aspal. Karakteristik agregat akan berpengaruh pada durabilitas atau keawetan perkerasan, kekuatan perkerasan, daya rekat terhadap aspal, serta kemudahan pada pelaksanaan.

Analisa nilai gradasi dilakukan dengan cara melakukan penyaringan pada agregat agar memenuhi ketentuan besaran nilai yang tertahan pada tiap tingkatan saringan. Nilai gradasi dituliskan dalam bentuk prosentase agregat tertahan pada saringan. Agregat akan dinyatakan masuk kriteria spesifikasi apabila jumlah tersebut menunjukkan nilai yang sesuai pada ketentuan spesifikasi. Berdasarkan pada jenisnya, agregat dibagi menjadi dua yaitu:

### 2.5.1 Gradasi Terbuka (Open Graded)

Gradasi terbuka merupakan sifat dari agregat dalam mengunci partikel-partikel yang memiliki ukuran yang sama, terutama agregat dengan permukaan datar. Sifat dari agregat dengan gradasi terbuka adalah memiliki pori antar partikel, bersifat permeabel, dan berdrainase baik. Campuran gradasi terbuka bersifat non plastik dan kuat terhadap kerusakan oleh partikel uap air.

### 2.5.2 Gradasi Rapat (Dense Graded)

Gradasi Rapat adalah kemampuan agregat dalam mengunci partikel satu sama lain, dan partikel-partikel halus mengisi rongga diantara partikel besar. Sifat gradasi Rapat adalah menghasilkan campuran yang padat, sedikit permeabel, dan stabil. Kelemahan yang dimiliki gradasi rapat adalah rentan terhadap uap air yang dikarenakan tingkat kelembaban dan pori agregat yang relatif kecil. Jumlah agregat yang digunakan ditentukan oleh spesifikasi yang mengacu pada Spesifikasi Umum Tahun 2018 Revisi 2 Kementerian PUPR Dirjen Bina Marga Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan untuk campuran Laston Lapis Aus (AC-WC).



## 1. Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan untuk campuran aspal panas harus menggunakan agregat pecah dari emsin dengan besar gradasi saringan menyesuaikan spek atau jenis campuran yang akan dibuat. Agregat kasar akan dipasok dalam cold bin feeds sebelum masuk dalam proses *mixing*. Untuk Laston Lapis Aus AC-WC Pracampur besar agregat kasar yang dibutuhkan sebagai berikut :

Tabel 2. 2 Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (Cold Bin) untuk campuran beraspal

| Jenis Campuran             | Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin<br>(Cold Bin) minimum yang diperlukan (mm) |       |       |       |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|
|                            | 5-8                                                                                      | 8-11  | 11-16 | 16-22 |
| Stone Matrix Asphalt-Tipis | Ya                                                                                       | Ya    |       |       |
| Stone Matrix Asphalt-Halus | Ya                                                                                       | Ya    | Ya    |       |
| Stone Matrix Asphalt-Kasar | Ya                                                                                       | Ya    | Ya    | Ya    |
|                            | 5-10                                                                                     | 10-14 | 14-22 | 22-30 |
| Lataston Lapis Aus         | Ya                                                                                       | Ya    |       |       |
| Lataston Lapis Fondasi     | Ya                                                                                       | Ya    |       |       |
| Laston Lapis Aus           | Ya                                                                                       | Ya    |       |       |
| Laston Lapis Antara        | Ya                                                                                       | Ya    | Ya    |       |
| Laston Lapis Fondasi       | Ya                                                                                       | Ya    | Ya    | Ya    |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

## 2. Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam campuran menggunakan agregat alam atau agregat hasil dari proses pemecahan batu menggunakan mesin crusher. Agregat halus akan ditempatkan dalam cold bin feeds terpisah dari agregat kasar. Ketentuan agregat halus sebagai berikut :

Tabel 2. 3 Ketentuan Agregat Halus

| Pengujian                                                  | Metode Pengujian   | Nilai     |
|------------------------------------------------------------|--------------------|-----------|
| Nilai Setara Pasir                                         | SNI 03-4428-1997   | Min. 50%  |
| Uji kadar rongga tanpa pemadatan                           | SNI 03-6877-2002   | Min. 45%  |
| Gumpalan Lempung dan Butir-butir mudah pecah dalam agregat | SNI 03-4141-1996   | Maks. 1%  |
| Agregat lolos Ayakan No. 200                               | SNI ASTM C117:2012 | Maks. 10% |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

## 2.6 Aspal dalam Campuran

Ukuran asbuton yang digunakan dipastikan sudah melalui filter ukuran dan dinyatakan lolos saringan. Sementara itu, telah disepakati ukuran lolos 100 % mesh 16. Dalam kondisi ini passing 200 berkisar sekitar 30-40 %. Jika asbuton yang digunakan memiliki ukuran yang besar maka asbuton harus dihancurkan terlebih dahulu. Tahap berikutnya adalah pelepasan bitumen atau disebut dengan ekstraksi. Hal ini dilakukan untuk mengeluarkan kadar bitumen dengan pemanasan asbuton dengan suhu 120 °C. Aspal akan mengalami viskositas keluar menuju pori atau rongga batuan. Setelah proses pengeluaran bitumen, material masih harus dipanaskan hingga mencapai suhu 163°C untuk mengurangi kadar minyak ringan dan kadar air yang dibawa oleh batuan asbuton. Untuk campuran aspal berbutir maka diperlukan aspal PEN 60/70 sebagai bahan pengikat.

Tabel 2. 4 Ketentuan Bahan Aspal Untuk Aspal Keras

| No. | Jenis Pengujian                                                                                                | Metode Pengujian                          | Tipe 1<br>Aspal PEN<br>60-70 | Tipe II Aspal<br>Modifikasi |      |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------|
|     |                                                                                                                |                                           |                              | PG70                        | PG76 |
| 1   | Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)                                                                                   | SNI 2456:2011                             | 60-70                        |                             |      |
| 2   | Temperatur yang menghasilkan Geser Dinamis ( $G^*/\sin\delta$ ) pada osilasi 10 rad/detik $\geq 1,0$ kPa, (°C) | SNI 06-6442-2000                          | -                            | 70                          | 76   |
| 3   | Viskositas Kinematis                                                                                           | ASTM D2170-10                             | $\geq 300$                   | $\leq 3000$                 |      |
| 4   | Titik Lembek (°C)                                                                                              | SNI 2434:2011                             | $\geq 48$                    | Dilaporkan                  |      |
| 5   | Daktilitas pada 25°C (cm)                                                                                      | SNI 2432:2011                             | $\geq 100$                   | -                           |      |
| 6   | Titik Nyala (°C)                                                                                               | SNI 2433:2011                             | $\geq 232$                   | $\geq 230$                  |      |
| 7   | Kelarutan dalam Trichloroethylene                                                                              | AASHTO                                    | $\geq 99$                    | $\geq 99$                   |      |
| 8   | Berat Jenis                                                                                                    | SNI 2441:2011                             | $\geq 1,0$                   | -                           |      |
| 9   | Stabilitas Penyimpanan: Perbedaan Titik Lembek                                                                 | ASTM D 5976-00 part 6.1 dan SNI 2434:2011 | -                            | $\leq 2,2$                  |      |
| 10  | Kadar Paravin Lilin (%)                                                                                        | SNI 03-3639-2002                          | $\leq 2$                     |                             |      |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Tabel 2. 5 Ketentuan Aspal untuk Asbuton Pra-campur

| No. | Jenis Pengujian                             | Metode Pengujian | Asbuton Pra-campur |
|-----|---------------------------------------------|------------------|--------------------|
| 1   | Penetrasi pada 25°C, 100g, 5 detik (0,1 mm) | SNI 2456:2011    | 50-60              |
| 2   | Viskositas pada 135 °C (cSt)                | SNI 06-6441-2000 | 350-3000           |
| 3   | Titik lembek (°C)                           | SNI 2434:2011    | ≥51                |
| 4   | Daktilitas pada 25 °C, 5cm per menit (sm)   | SNI 2432:2011    | ≥100               |
| 5   | Titik Nyala (°C)                            | SNI 2433:2011    | ≥232               |
| 6   | Kelarutan Dalam Trichloroethylen (%)        | SNI 2438:2015    | ≥90                |
| 7   | Berat jenis                                 | SNI 2441:2011    | ≥1,0               |
| 8   | Partikel yang lebih halus dari 150 mm (%)   | SNI03-4142-1996  | ≥95                |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

Tabel 2. 6 Ketentuan Asbuton Butir Tipe B 50/20 Dan Tipe B 50/30

| No. | Sifat-sifat Asbuton Butir                                                                   | Metode Pengujian | Tipe B 50/20 | Tipe 50/30 |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|--------------|------------|
| 1   | Sifat bentuk asli                                                                           |                  |              |            |
|     | - Ukuran Butir Asbuton Butir                                                                |                  |              |            |
|     | • Lolos ayakan 3/8" (9,5 mm);%                                                              | SNI 03-4142-1996 | -            | 100        |
|     | • Lolos ayakan 0.8 (2,36 mm);%                                                              | SNI 03-4142-1996 | 100          | -          |
|     | - Kadar Bitumen Asbuton;%                                                                   | SNI 03-3640-1994 | Min. 18      | Min. 20    |
|     | -Kadar Air;%                                                                                | SNI 2490:2008    | Maks. 4      | Maks. 4    |
| 2   | Sifat Bitumen hasil Ekstraksi (SNI 8279:2016) dan pemulihan (SNI 4797:2015)                 |                  |              |            |
|     | - Kelarutan dalam TCE;% berat                                                               | SNI 2438:2015    | Min. 99      | Min. 99    |
|     | - Penetrasi Aspal Asbuton pada 25 °C, 100g, 5 detik : 0,1 mm                                | SNI 2456:2011    | 2-10         | 40-70      |
|     | - Titik Lembek; °C                                                                          | SNI 2434:2011    | -            | Min. 48    |
|     | - Daktilitas pada 25 °C;cm                                                                  | SNI 2432:2011    | -            | ≥100       |
|     | - Berat Jenis                                                                               | SNI 2441:2011    | -            | Min. 1,0   |
|     | - Penurunan berat (dengan TFOT);LoH (loos of Heating;%)                                     | SNI 06-2440-1991 | -            | ≤2         |
|     | - Penetrasi Aspal Asbuton setelah LoH pada 25 °C, 100g, 5 detik (% terhadap penetrasi awal) | SNI 2456:2011    | -            | ≥54        |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

## 2.7 Gradasi Agregat Gabungan

Gradasi agregat gabungan untuk campuran beraspal harus memenuhi batas-batas dalam tabel berikut :

Tabel 2. 7 Amplop Gradasi Agregat Gabungan Untuk Campuran Beraspal

| Ukuran Ayakan |       | % Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat |        |        |              |        |             |        |        |
|---------------|-------|-------------------------------------------|--------|--------|--------------|--------|-------------|--------|--------|
|               |       | Stone Matrix Asphalt (SMA)                |        |        | Laston (HRS) |        | Laston (AC) |        |        |
| ASTM          | (mm)  | Tipis                                     | Halus  | Kasar  | WC           | Base   | WC          | BC     | Base   |
| 1 1/2"        | 37,5  |                                           |        |        |              |        |             |        | 100    |
| 1"            | 25    |                                           |        | 100    |              |        |             | 100    | 90-100 |
| 3/4"          | 19    |                                           | 100    | 90-100 | 100          | 100    | 100         | 90-100 | 76-90  |
| 1/2"          | 12,5  | 100                                       | 90-100 | 50-88  | 90-100       | 90-100 | 90-100      | 75-90  | 60-78  |
| 3/8"          | 9,5   | 70-95                                     | 50-80  | 25-60  | 75-85        | 65-90  | 77-90       | 66-82  | 52-71  |
| No. 4         | 4,75  | 30-50                                     | 25-35  | 20-28  |              |        | 53-69       | 46-64  | 35-54  |
| No. 8         | 2,36  | 20-30                                     | 16-24  | 16-24  | 50-72        | 35-55  | 33-53       | 30-49  | 23-41  |
| No. 16        | 1,18  | 14-21                                     |        |        |              |        | 21-40       | 18-38  | 13-30  |
| No. 30        | 0,600 | 12-18                                     |        |        | 35-60        | 15-35  | 14-30       | 12-28  | 10-22  |
| No. 50        | 0,300 | 10-15                                     |        |        |              |        | 9-22        | 7-20   | 6-15   |
| No. 100       | 0,150 |                                           |        |        |              |        | 6-15        | 5-13   | 4-10   |
| No. 200       | 0,075 | 8-12                                      | 8-11   | 8-11   | 6-10         | 2-9    | 4-9         | 4-8    | 3-7    |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

## 2.8 Perhitungan Kadar Aspal

Untuk menentukan besarnya kebutuhan aspal yang akan digunakan dalam pencampuran maka diperlukan penghitungan kadar aspal rencana, dengan rumus sebagai berikut :

### 1. Ekstraksi Kadar Aspal Asbuton

Tabel 2. 8 Ekstraksi Kadar Aspal Asbuton

| Berat Sampel |         | Berat filter |         | Berat filter | Berat total agregat | Berat aspal | Kadar aspal          |
|--------------|---------|--------------|---------|--------------|---------------------|-------------|----------------------|
| Sebelum      | Sesudah | Sebelum      | Sesudah |              |                     |             |                      |
| A            | B       | c            | D       | $e = d - c$  | $f = b + e$         | $g = a - f$ | $h = g/a \times 100$ |
| Gram         | Gram    | gram         | Gram    | gram         | Gram                | gram        | %                    |
| Rata-rata    |         |              |         |              |                     |             |                      |

### 2. Menghitung Kebutuhan Kadar Aspal Rencana

$$P_b = 0,035 (\%CA) + 0,045 (\%FA) + 0,18 (\% \text{ Filler}) + K$$

Keterangan :

Pb = kadar aspal optimum perkiraan

CA = agregat kasar tertahan saringan No. 8

FA = agregat halus lolos No. 8 dan tertahan No. 200

Filler = agregat halus lolos saringan No. 200, tidak termasuk mineral asbuton

K = Konstanta, dengan nilai 0,5 untuk penyerapan agregat yang rendah dan nilai 1,0 untuk penyerapan agregat yang tinggi.

## 2.9 Karakteristik Marshall

Karakteristik Marshall diperoleh melalui pengujian di laboratorium menggunakan alat marshall Test untuk mengetahui kinerja campuran aspal. Data yang diperoleh dari hasil uji marshall adalah nilai Stabilitas (kg), *Marshall Qoutient* (kg/mm), *Void In Mix (%)*, *Void Filled with Bitumen (%)* dan *Kepadatan (gr/cc)*, *Void In The Mineral Agregat (VMA)*.

Sebagai pedoman pelaksanaan pengujian marshall, sifat campuran harus memenuhi spesifikasi untuk Laston Modifikasi yang telah diatur dalam Spesifikasi Umum Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan Revisi 2 (Tahun 2018)

Tabel 2. 9 Sifat Campuran Aspal Modifikasi

| No. | Karakteristik campuran                                    | Satuan | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|--------|-------------------------|
| 1   | Jumlah tumbukan                                           | X      | 2 x 75                  |
| 2   | Rongga dalam campuran (VIM)                               | %      | 3 - 5                   |
| 3   | Rongga dalam agregat (VMA)                                | %      | Min. 15                 |
| 4   | Rongga terisi aspal (VFB)                                 | %      | Min. 65                 |
| 5   | Stabilitas Marshall                                       | Kg     | Min. 1000               |
| 6   | Kelelehan                                                 | Mm     | 2 - 4                   |
| 7   | Marshall Quotient                                         | kg/mm  | Min. 250                |
| 8   | Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)     | %      | Min. 2                  |
| 9   | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | %      | Min. 90                 |

(Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018)

## 1. Stabilitas

Nilai stabilitas adalah kemampuan perkerasan beraspal dalam menerima beban lalu lintas di atasnya tanpa adanya deformasi permanen atau gelombang, alur atau *bleeding*. Nilai stabilitas dipengaruhi oleh faktor suhu lingkungan yang berubah-ubah, tipe beban yang diterima, proses pemadatan dan variabilitas campuran

## 2. Kelelehan (Flow)

Nilai kelelehan adalah nilai deformasi vertikal sampel pada saat awal perkerasan menerima beban dan pada kondisi kestabilan perkerasan mengalami penurunan. Pengukuran nilai flow sejalan bersamaan dengan pengukuran nilai stabilitas Marshall. Pada nilai kelelehan, faktor penyusunnya adalah jumlah kadar aspal dalam campuran, suhu, nilai viskositas, gradasi agregat yang digunakan dalam campuran, dan jumlah pemadatan. Nilai kelelehan yang terlalu tinggi berpengaruh pada sifat plastis campuran, dan campuran lebih mampu untuk mengikuti deformasi akibat beban, namun nilai kelelehan yang rendah berpengaruh menandakan jika campuran perkerasan memiliki banyak rongga yang tidak terisi oleh aspal dengan nilai di atas kondisi normal, atau bisa juga disimpulkan jika campuran berpotensi retak dini dan durabilitas atau keawetan yang rendah.

## 3. Marshall Quotient

Nilai *Marshall Quotient* diperoleh dari hasil bagi antara nilai stabilitas dan nilai kelelehan. Nilai *Marshall Quotient* dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan kelelehan, yang berfungsi untuk mendapatkan pendekatan terhadap tingkat kekakuan dan kelenturan campuran.

## 4. Void In Mix (VIM)

Void In Mix adalah jumlah prosentase rongga udara yang ada pada volume padat campuran. VIM adalah prosentase rongga udara yang ada terhadap volume padat suatu campuran. Rongga yang terlalu kecil berdampak mudah terjadinya *bleeding* atau naiknya aspal ke permukaan, dan VIM yang terlalu tinggi berpotensi menghasilkan perkerasan yang mudah porous. Mengakibatkan campuran tidak rapat dan tidak kedap terhadap udara.



5. *Void in the Mineral Agregat (VMA)*

VMA adalah nilai prosentase rongga yang terdapat diantara butiran agregat dalam beton aspal padat. Nilai VMA yang tinggi berpotensi menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan untuk nilai VMA yang terlalu rendah berpotensi menjadikan campuran mudah teroksidasi atau porous.

6. *Void Filled with Bitumen (VFB)*

VFB adalah nilai prosentase rongga dalam agregat padat terisi aspal. Nilai VFB yang tinggi berpotensi menyebabkan naiknya aspal ke permukaan saat suhu perkerasan tinggi. Sedangkan untuk nilai VFB yang terlalu rendah berpotensi menjadikan campuran mudah teroksidasi atau porous.

2.10 Analisa Harga

Penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi diharapkan mampu mengurangi atau menekan harga produksi untuk laston lapis aus, jika dibandingkan dengan penggunaan aspal minyak atau aspal PEN 60/70 100%. Analisa harga dihitung dengan cara membandingkan Harga Pokok Produksi dari Laston Lapis Aus (AC-WC) aspal PEN 60/70 dengan Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir).

### 2.11 Keaslian Penelitian

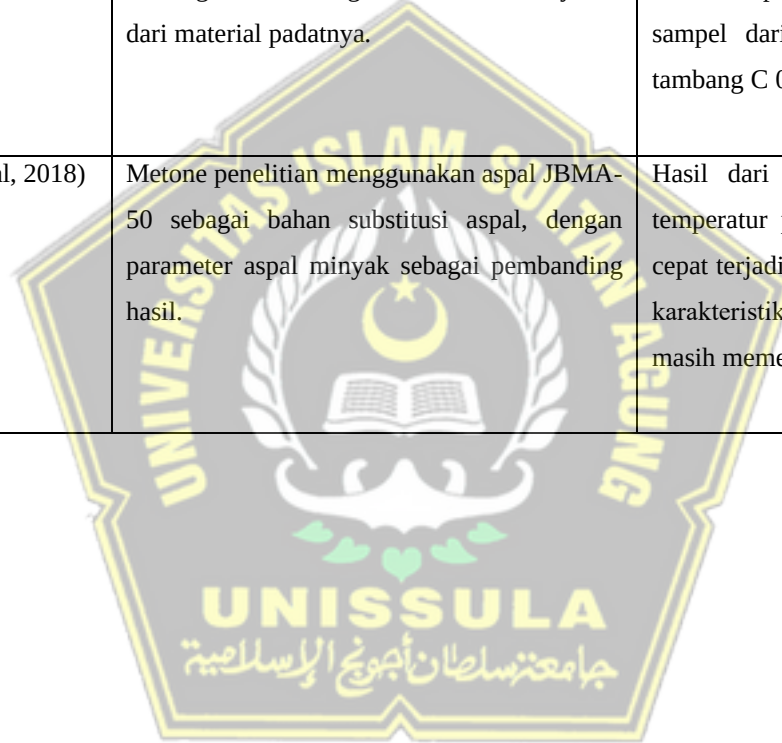
Penelitian ini menggunakan beberapa studi pustaka sebagai bahan literatur. Dengan merujuk pada penelitian sebelumnya, penelitian mencari nilai penggunaan asbuton optimum pada campuran, dengan tujuan dapat melihat peningkatan nilai marshal dari kadar paling kecil, mencari karakteristik asbuton untuk Laston Lapis Aus Asb. Butir (AC-WC Asb. Butir), dan menghitung nilai ekonomis penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi. Dimana hal ini sebagai pembeda diantara penelitian sebelumnya. Berikut daftar penelitian sebelumnya yang digunakan sebagai bahan literatur:

Tabel 2. 10 Penelitian Terdahulu

| No. | Judul                                                                            | Peneliti dan Tahun      | Metodelogi Penelitian                                                                                                                                                                    | Hasil                                                                                                                                                                                                                |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   | Keunggulan Asbuton Pracampur dan Aspal Shell pada Campuran Aspal Buton (AC – BC) | (Sumiati et al., 2019)  | Sampel AC-BC dengan menggunakan agregat yang diambil dari lokasi yang berbeda dengan menggunakan aspal minyak sebagai pembanding dan variasi aspal sebanyak 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5%. | Hasil penelitian menyebutkan jika penggunaan asbuton pracampuran dapat menghemat penggunaan aspal PEN dan nilai karakteristik Marshall terpenuhi sesuai spesifikasi.                                                 |
| 2   | Pengaruh Penggunaan Asbuton Lawele Terhadap Karakteristik Campuran AC – BC       | (Angka & Kushari, 2018) | Metode penelitian dengan membuat sampel menggunakan kadar aspal rencana sebanyak 6% dan asbuton yang digunakan adalah sebanyak 8%.                                                       | Hasil penelitian menunjukkan jika nilai berat isi, VIM, VMA dan VFB tidak mengalami penurunan sampai masa perendaman 3 (tiga) hari, dan mulai ada penurunan signifikan, namun pada hari ke 3 (tiga) sampai hari ke 7 |

| No. | Judul                                                                                                   | Peneliti dan Tahun    | Metodelogi Penelitian                                                                                                                                                                                                          | Hasil                                                                                                                                                                                   |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | dengan Durasi Perendaman                                                                                |                       |                                                                                                                                                                                                                                | (tujuh) mengalami penurunan. Nilai flow semakin bertambah seiring lama perendaman sedangkan MQ menurun.                                                                                 |
| 3   | Analisa Pengaruh Variasi Penggabungan Asbuton dan Aspal Minyak Terhadap Campuran AC - BC                | (Haikal et al., 2024) | Metode penelitian menggabungkan asbuton sebagai bahan substitusi aspal minyak dengan kadar asbuton optimum yang digunakan adalah 7%, 8%, dan 9% dan kadar aspal optimum sebanyak 6,75%.                                        | Hasil dari penelitian, penambahan asbuton LGA 50/30 sebanyak 7% memiliki nilai marshall quetient paling baik 319,93 kg/mm.                                                              |
| 4   | Studi Eksperimental Penentuan Kadar Aspal Buton Optimum Tipe LGA 50/30 Menggunakan Agregat Batu Gamping | (Arfan, 2018)         | Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan kadar aspal optimum, digunakan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, dengan kadar aspal buton yang digunakan 0%, 5%, 7,5%, 9%, 10,5%, 12% dan 13,5%. | Batu gamping ayang digunakan sebagai material untuk campuran aspal panas ( <i>Hot Mix</i> ) baik tanpa atau dengan menggunakan aspal buton memenuhi spesifikasi persyaratan Bina Marga. |
| 5   | Ekstraksi Dan Karakterisasi Aspal Buton Sebagai Aditif Formulasi Aspal Lokal                            | (Rizal, 2016)         | Aspal buton yang akan digunakan diekstraksi menggunakan bahan pelarut nafta dan kerosin. Dengan campuran aspal 40:50:10:0 short residue:aspal buton: aditif decant oil.                                                        | Hasil uji ekstraksi Asbuton memiliki nilai kemiripan dengan nilai FTIR yang dimiliki oleh asbuton murni atau asbuton yang telah melewati proses pemurnian.                              |
| 6   | Menguji Kadar Aspal Buton (Asbuton) Dengan                                                              | (Hasriana, 2018)      | Metode penelitian ini dengan pengujian menggunakan metode sokhlet yang                                                                                                                                                         | Sampel asbuton yang berasal dari Winto sebesar 3%, Lawele 3,4%, Tambang C 6,9% dan Kabungka 9,6%                                                                                        |

| No. | Judul                                                                                                           | Peneliti dan Tahun | Metodelogi Penelitian                                                                                                                 | Hasil                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|     | Ekstraksi Menggunakan Metode Sokhlet di PT. Wika Bitumen Sulawesi Tenggara                                      |                    | berfungsi untuk mengekstraksi suatu senyawa dari material padatnya.                                                                   | dari hasil penelitian terjadi penutunan massa pada tiap sampel dari Winto sebesar 0,25%, Lawele 0,27%, tambang C 0,29%, dan Kabungka 0,3%                                                                                              |
| 7   | Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Laston AC-WC Menggunakan Asbuton Modifikasi JBMA-50 dan Aspal Minyak | (Erizal, 2018)     | Metode penelitian menggunakan aspal JBMA-50 sebagai bahan substitusi aspal, dengan parameter aspal minyak sebagai pembandingan hasil. | Hasil dari penelitian menunjukkan jika penurunan temperatur pada asbuton modifikasi JBMA-50 lebih cepat terjadi pada saat proses penghamparan. Dan hasil karakteristik marshall pada suhu 130°C dan 140 °C masih memenuhi spesifikasi. |



Dari penelitian terdahulu, maka dapat disampaikan jika penelitian ini berbeda dari penelitian-penelitian sebelumnya. Hal tersebut dikarenakan variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan variasi kadar asbuton untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) sebanyak 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10%. Dengan penambahan asbuton secara bertahap dari varian terkecil sampai varian 10% akan dapat terbaca secara rinci perubahan berkala sampai ditemukan penambahan maksimal asbuton sebagai bahan substitusi. Selain itu untuk membedakan analisa penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah dengan menggunakan Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan campuran asbuton dan Aspal PEN 60-70. Serta penelitian ini dimaksudkan untuk mendapatkan karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) nilai stabilitas marshall dan mencari nilai ekonomis dari produk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) jika dibandingkan dengan Laston Lapis Aus (AC-WC) aspal minyak.

Dari penelitian sebelumnya penggunaan variasi campuran asbuton menunjukkan nilai marshall yang positif, dengan menggunakan aspal minyak sebagai pembanding dan variasi aspal sebanyak 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% penelitian menyebutkan jika penggunaan asbuton pracampuran dapat menghemat penggunaan aspal PEN dan nilai karakteristik Marshall terpenuhi sesuai spesifikasi (Sumiati et al., 2019) dan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7%, dengan kadar aspal buton yang digunakan 0%, 5%, 7,5%, 9%, 10,5%, 12% dan 13,5% (Arfan, 2018) menunjukkan adanya pengurangan penggunaan aspal minyak serta nilai marshall yang lebih baik. Dengan merujuk pada variable yang digunakan pada penelitian sebelumnya, maka pada penelitian ini akan digunakan variasi kadar asbuton sebanyak 0%, 2,5%, 5%, 7,5%, dan 10% dari kebutuhan aspal optimum pada campuran, dengan tujuan dapat melihat peningkatan nilai marshall dari kadar paling kecil. Penggunaan kebutuhan agregat dihitung berdasarkan dari kadar aspal optimum dalam campuran dan tabel syarat ukuran agregat untuk Laston. Peningkatan prosentase penggunaan asbuton dapat memaksimalkan penggunaan asbuton untuk bahan substitusi aspal minyak dan menekan penggunaan aspal minyak.

## 2.12 Jenis Penelitian

Jenis atau metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode penelitian ini adalah dengan menganalisis pengaruh sebab dan akibat dari hubungan variable yang digunakan dalam penelitian. Penelitian eksperimen biasanya dilakukan dalam laboratorium. Variabel dalam metode penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dampak, akibat, atau perubahan yang terjadi dari eksperimen yang dilakukan. Syarat dari penelitian eksperimen adalah

1. Penelitian terhadap hal yang sama maka dilakukan dengan cara serta situasi yang sama.
2. Adanya manipulasi variabel sesuai dengan tujuan yang dikehendaki oleh peneliti.
3. Adanya pembandingan.
4. Penentuan waktu dan tempat dilakukannya penelitian.





## BAB III

### METODELOGI PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Dalam penelitian ini metode penelitian yang akan digunakan adalah dengan metode eksperimen. Penelitian dilakukan di Laboratorium PT. Nisajana Hasna Rizqy pada bulan September tahun 2024 yang bertempat di Kabupaten Tegal. Analisa data dilakukan dengan pembuatan sampel sebanyak 90 sampel di laboratorium. Aspal yang digunakan dalam pembuatan sampel adalah aspal PEN 60/70 atau aspal minyak, dan penambahan varian asbuton tipe LGA 50/30 sebagai bahan substitusi aspal minyak dari perhitungan kebutuhan aspal rencana atau kadar aspal optimum (KAO) yang dibutuhkan dalam campuran.

Tabel 3. 1 Jumlah sampel benda uji

| Kadar Aspal Optimum                                                         | Kadar Aspal<br>Asbuton<br>LGA 50/30 | Jumlah<br>Benda<br>Uji |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5) | 0%                                  | 18                     |
| Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5) | 2,5%                                | 18                     |
| Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5) | 5%                                  | 18                     |
| Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5) | 7,5%                                | 18                     |
| Dua kadar aspal dibawah KAO dan tiga kadar aspal diatas KAO (kelipatan 0,5) | 10%                                 | 18                     |

(Kementrian Pekerjaan Umum, 2007)

#### 3.2 Variabel Penelitian

Untuk mencari nilai stabilitas marshall terbaik untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb Berbutir) dengan membuat benda uji dengan variable 0%, 2,5%, 5%, 7,5% dan 10% penggunaan kadar asbuton pada kadar aspal optimum yang dibutuhkan dalam campuran.

#### 3.3 Langkah Penelitian

1. Bahan Penelitian
  - a. Agregat Kasar
  - b. Agregat Halus
  - c. Aspal PEN 60/70
  - d. Asbuton Butir LGA B50/30
2. Alat yang digunakan
  - a. Timbangan
  - b. Cawan
  - c. Oven
  - d. *Water bath*
  - e. *Asphalt Compactor*
  - f. *Marshall Test*
  - g. Vacuum
  - h. Picnometer
  - i. Ekstraksi
  - j. Saringan

3. Pembuatan Sampel

Pembuatan sampel laston lapis Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb Butir) sebagai bahan penelitian dengan masing-masing varian sebanyak tiga buah sampel. Kadar aspal optimum akan dibuat dengan dua varian tambahan yaitu 0,5% sebanyak tiga ke atas dan 0,5% dua ke bawah. Dengan cetakan benda uji Ø10,16 dan tinggi 7,62 cm. Sebelum masuk dalam proses pembuatan sampel benda uji maka diperlukan Job Mix Design (JMD) dengan langkah sebagai berikut :

- a. Ekstraksi Asbuton LGA B50/30

Pengujian kadar aspal perlu dilakukan untuk mengetahui kadar bitumen yang ada dalam butiran asbuton, untuk kemudian dapat ditetapkan penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi.



Gambar 3. 1 Proses Ekstraksi Aspal

b. Gradasi

Pengujian gradasi agregat halus maupun kasar yang akan digunakan dalam campuran. Gradasi agregat akan menentukan kadar dari aspal yang akan dibutuhkan sebagai kebutuhan rencana. Pengujian gradasi menggunakan saringan gradasi dan timbangan untuk menimbang jumlah agregat yang tertahan dalam saringan.



Gambar 3. 2 Gradasi Agergat

c. Pencampuran Agregat dengan Aspal

Proses pencampuran agregat dilakukan dengan memanaskan seluruh material yang akan dicampurkan diatas wajan pemanas, dan mencampurnya sampai semua agregat tercampur oleh aspal.



Gambar 3. 3 Pencampuran Agregat

d. Pencetakan Sampel

Agregat yang telah melalui proses pencampuran kemudian akan dibentuk silinder menggunakan cetakan dan dilakukan penumbukkan sebanyak 2x75 tumbukan menggunakan Aspal Compactor.



Gambar 3. 4 Cetakan Silinder



Gambar 3. 5 Penumbukkan sampel menggunakan Aspal Compactor

### 3.4 Pengujian Sampel

Pengujian sampel adalah tahapan untuk mengetahui adanya pengaruh yang ditimbulkan dari variabel-variabel yang digunakan dalam penelitian. Pengujian yang dilakukan adalah menggunakan uji Marshall untuk mencari nilai-nilai berikut:

#### 1. *Marshall Test*

##### a. Rongga di dalam campuran (VIM)

$$VIM = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mmb}} \dots\dots\dots 3.1$$

Keterangan :

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

G<sub>mm</sub> = Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

G<sub>mmb</sub> = Berat jenis *Bulk* dari beton aspal padat

##### b. Rongga Terisi Aspal (VFB)

$$VFB = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots 3.2$$



Keterangan:

VFB = Volume pori antara butir agregat yang terisi aspal

VMA = Volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

c. Volume pori dalam agregat campuran (VMA)

$$VMA = 100 \times \frac{(Bmb - Pd)}{Gsb}$$

Keterangan:

VMA = Volume pori antara butir agregat di dalam beton aspal padat

Gmb = Berat jenis Bulk dari beton aspal padat

VIM = Volume pori dalam beton aspal padat

d. Volume pori dalam agregat campuran (VMA)

$$Q = P \times 0 \times \text{koreksi volume benda uji} \dots\dots\dots 3.3$$

Keterangan:

P = Kalibrasi proving ring pada 0

0 = Nilai pembacaan pada arloji stabilitas

e. Kelelehan (*Flow*)

Nilai flow = r didapat dari pembacaan arloji flow yang menyatakan deformasi benda uji dalam satuan 0,01 mm

f. *Marshall Quotient*

$$MQ = S/r \dots\dots\dots 3.4$$



Keterangan:

$MQ$  = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)

$S$  = Nilai stabilitas terpasang (Kg)

Dari perolehan data *marshall test* maka data akan diolah menggunakan analisis statistik SPSS untuk memperoleh pembacaan data yang akurat.

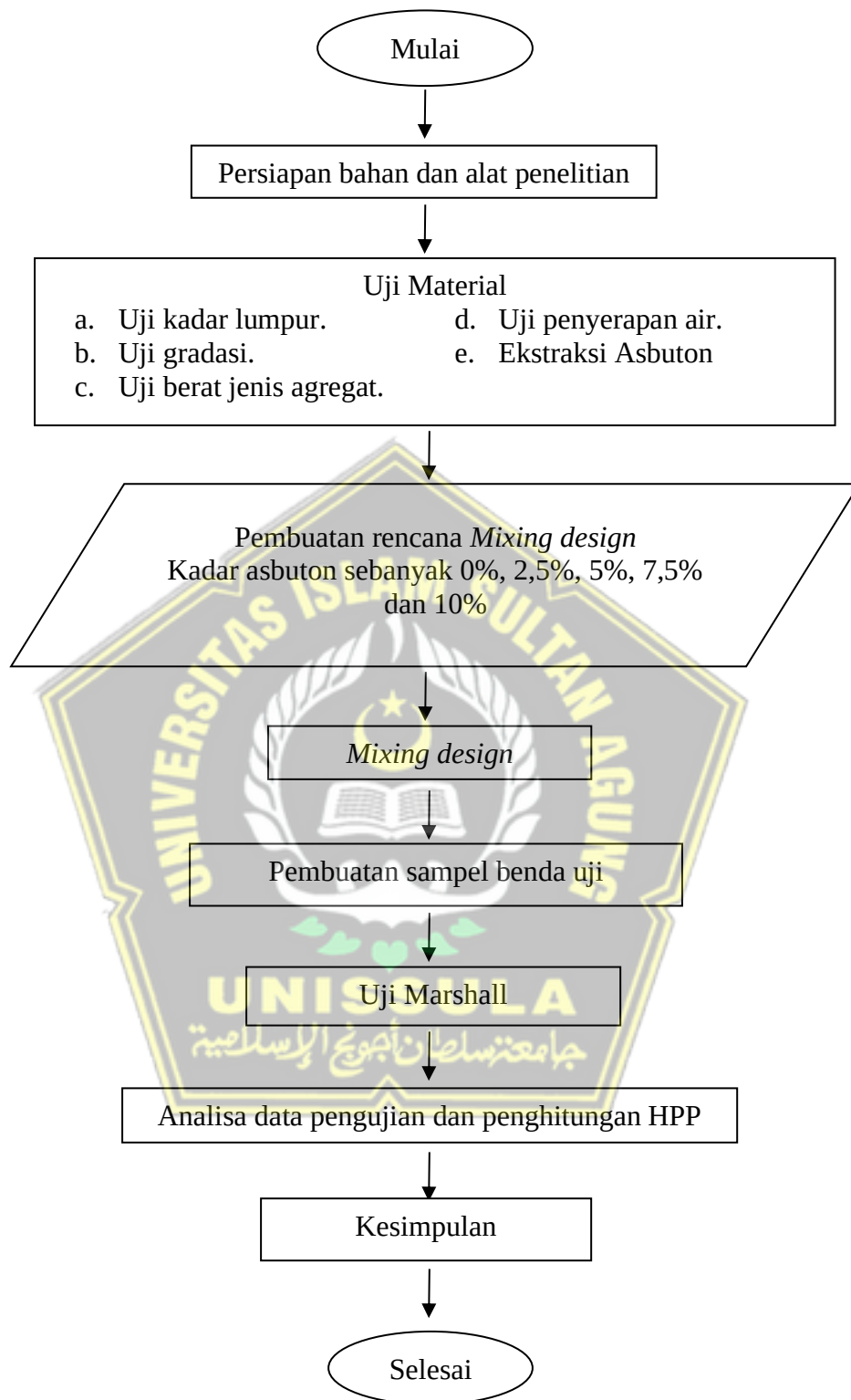
## 2. Analisa Harga Pokok Produksi (HPP)

Analisa harga pokok produksi adalah dasar dari terbentuknya harga jual suatu produk. HPP memiliki sifat fluktuatif mengikuti dengan harga bahan baku yang digunakan. Dalam penelitian ini akan dianalisa perbandingan HPP dari Laston Lapis Aus (AC-WC) kadar asbuton 0% atau tanpa menggunakan asbuton sebagai bahan substitusi dengan Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir).

Metode yang digunakan untuk mengetahui nilai ekonomis penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi adalah dengan menyusun penggunaan kebutuhan material campuran sesuai dengan jom mix design yang digunakan dengan harga material yang berlaku di daerah tempat dilakukannya penelitian. Analisa dengan membandingkan total kebutuhan material varian asbuton 0% dengan varian lain memenuhi persyaratan spesifikasi menggunakan asbuton sebagai bahan substitusi. Sehingga akan didapatkan selisih dari dua varian tersebut untuk kemudian diambil kesimpulan apakah dengan penambahan asbuton sebagai bahan substitusi memberikan pengaruh terhadap harga produksi.

### 3.5 Bagan Alir Penelitian

Dalam penelitian dibutuhkan adanya bagan alir penelitian untuk pedoman berjalannya penelitian dan untuk menjelaskan secara singkat alur dari penelitian yang akan dilakukan. berikut bagan alir penelitiannya :



## BAB IV

### HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakteristik Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)

Karakteristik dari Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dari penelitian ini adalah:

##### 1. Berat jenis campuran

Pada varian campuran asbuton 0% berat jenis campuran sebesar 2,62, varian campuran asbuton 2,5% berat jenis campuran sebesar 2.64, varian campuran asbuton 5% berat jenis campuran sebesar 2.66, varian campuran asbuton 7,5% berat jenis campuran sebesar 2.62, dan varian campuran asbuton 10% berat jenis campuran sebesar 2.59. semakin banyak penggunaan asbuton dalam campuran, maka berat jenis campuran semakin menurun namun nilai penurunan tidak begitu signifikan dan masih tergolong tinggi. Dimana berat jenis minimum untuk aspal modifikasi dengan asbuton adalah 1,0.

##### 2. Tampilan visual

Laston Lapis Aus dari Aspal minyak biasa, dan secara visual untuk Laston dengan penambahan asbuton menghasilkan campuran dengan warna yang *doff* jika dibandingkan Laston dengan Aspal minyak yang memiliki warna lebih hitam pekat dan mengkilat. Warna *doff* disebabkan karena asbuton yang digunakan adalah asbuton butir yang masih tercampur dengan material alam lainnya dengan warna dari asbuton butir sendiri adalah hitam kecoklatan. Berbeda dengan aspal minyak yang sudah melalui proses pabrikasi.



Gambar 4. 1 Sampel Asbuton 0%



Gambar 4. 2 Sampel Asbuton 10%

#### 4.2. Hasil Uji Marshall

1. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 0%

Rekap komposisi dalam campuran diperoleh dari penggunaan prosentase agregat yang masuk dalam batas minimum dan maksimum dari gradasi. Agregat gabungan diuji menggunakan saringan agregat. Nilai gradasi harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.2, 2.3, dan 2.7. Dari hasil gradasi agregat gabungan maka digunakan campuran sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Rekap Komposisi Dan Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 0%

| Sumber Material | Ukuran Dan Jenis Material  | Komposisi ( % ) Terhadap Agregat | Komposisi ( % ) Terhadap Campuran | Berat Individu Di Plant(Kg) |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| Hot Bin I       | Abu Batu                   | 50                               | 47.00                             | 470.00                      |
| Hot Bin II      | Agreggat Ukuran Maks. 1/2" | 40                               | 37.60                             | 376.00                      |
| Hot Bin III     | Agreggat Ukuran Maks. 3/4" | 10                               | 9.40                              | 94.00                       |
| Asbuton         | B 50/30                    | 0                                | 0.00                              | 0.00                        |
| Aspal           | Aspal Pertamina Pen. 60-70 | 6.0                              | 6.00                              | 60.00                       |
| <b>Total</b>    |                            | <b>106.0</b>                     | <b>100</b>                        | <b>1000</b>                 |

Pada gradasi gabungan antara agregat yang digunakan dalam campuran, menghasilkan nilai gradasi yang masuk dalam spesifikasi untuk AC-WC, namun pada saringan ukuran 19mm dan 9,5mm berat material tertahan sedikit melebihi batas spesifikasi yaitu 99,79% yang seharusnya dalam spesifikasi 100% dan 90,93% yang mana seharusnya ambang batas lolos saringan maksimal 90%. Artinya agregat gabungan memiliki karakteristik sedikit lebih kasar.

Tabel 4. 2 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 0%

| Kombinasi Agregat gabungan Hot Bin |         |               |                  |
|------------------------------------|---------|---------------|------------------|
| Ukuran saringan                    |         | Hasil gradasi | Spesifikasi ACWC |
| mm                                 | inci    | % Lolos       | % Pas            |
| 50.00                              | 2,0"    | 100.00        | 100              |
| 37.50                              | 1 1/2"  | 100.00        | 100              |
| 25.00                              | 1,0"    | 100.00        | 100              |
| 19.00                              | 3/4 "   | 99.79         | 100              |
| 12.50                              | 1/2 "   | 94.71         | 90 - 100         |
| 9.50                               | 3/8 "   | 90.93         | 77 - 90          |
| 4.75                               | No. 4   | 57.49         | 53 - 69          |
| 2.36                               | No. 8   | 40.20         | 33 - 53          |
| 1.18                               | No. 16  | 31.65         | 21 - 40          |
| 0.600                              | No. 30  | 25.13         | 14 - 30          |
| 0.300                              | No. 50  | 19.21         | 9 - 22           |
| 0.150                              | No. 100 | 10.08         | 6 - 15           |
| 0.075                              | No. 200 | 3.89          | 4 - 9            |

Hasil uji Marshall merujuk pada tabel 2.9 Sifat Campuran Aspal Modifikasi, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 0% dengan KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 5,57. Nilai VIM yang tinggi dapat menyebabkan campuran mudah porous dan mengurangi keawetan.

Tabel 4. 3 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 0%

| No. | Karakteristik campuran      | Hasil Job Mix Design | Satuan             | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1   | Kadar Aspal                 | 6.00                 | %                  | -                       |
| 2   | Kadar Aspal efektif         | 4.68                 | %                  | -                       |
| 3   | Penyerapan Aspal            | 1.408                | %                  | -                       |
| 4   | Jumlah tumbukan             | 2 x 75               | x                  | 2 x 75                  |
| 5   | Kepadatan                   | 2.296                | ton/m <sup>3</sup> | -                       |
| 6   | Rongga dalam campuran (VIM) | 5.57                 | %                  | 3 - 5                   |

| No. | Karakteristik campuran                                    | Hasil Job Mix Design | Satuan | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------------------|--------|-------------------------|
| 7   | Rongga dalam agregat (VMA)                                | 15.96                | %      | Min. 15                 |
| 8   | Rongga terisi aspal (VFB)                                 | 65.23                | %      | Min. 65                 |
| 9   | Stabilitas Marshall                                       | 1654.8               | kg     | Min. 1000               |
| 10  | Kelelehan                                                 | 3.19                 | mm     | 2 - 4                   |
| 11  | Marshall Quotient                                         | 518.2                | kg/mm  | Min. 250                |
| 12  | Rongga dalam campuran pada kepadatan membatal (refusal)   | 2.65                 | %      | Min. 2                  |
| 13  | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | 90.93                | %      | Min. 90                 |

2. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 2,5%

Rekap komposisi dalam campuran diperoleh dari penggunaan prosentase agregat yang masuk dalam batas minimum dan maksimum dari gradasi. Agregat gabungan diuji menggunakan saringan agregat. Nilai gradasi harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.2, 2.3, dan 2.7. Dari hasil gradasi agregat gabungan maka digunakan campuran sebagai berikut:

Tabel 4. 4 Komposisi dan Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 2,5%

| Sumber Material | Ukuran dan jenis material  | Komposisi (%) terhadap agregat | Komposisi (%) terhadap campuran | Berat individu di plant (Kg) |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Hot Bin I       | Abu batu                   | 50                             | 47.25                           | 472.50                       |
| Hot Bin II      | Agregat ukuran maks. 1/2"  | 38                             | 35.91                           | 359.10                       |
| Hot Bin III     | Agregat ukuran maks. 3/4"  | 9.5                            | 8.98                            | 89.78                        |
| Asbuton         | B 50/30                    | 2.5                            | 2.36                            | 23.63                        |
| Aspal           | Aspal pertamina pen. 60-70 | 5.5                            | 5.50                            | 55.00                        |
| <b>Total</b>    |                            | <b>105.5</b>                   | <b>100</b>                      | <b>1000</b>                  |

Pada gradasi gabungan antara agregat yang digunakan dalam campuran, menghasilkan nilai gradasi yang masuk dalam spesifikasi untuk



AC-WC, namun pada saringan ukuran 19mm dan 9,5mm berat material tertahan sedikit melebihi batas spesifikasi yaitu 99,76% yang seharusnya dalam spesifikasi 100% dan 90,91% yang mana seharusnya ambang batas lolos saringan maksimal 90%. Artinya agregat gabungan memiliki karakteristik sedikit lebih kasar.

Tabel 4. 5 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 2,5%

| Kombinasi Agregat gabungan Hot Bin |         |               |                  |
|------------------------------------|---------|---------------|------------------|
| Ukuran saringan                    |         | Hasil gradasi | Spesifikasi ACWC |
| Mm                                 | inchi   | % Lolos       | % Pas            |
| 50.00                              | 2,0"    | 100.00        | 100              |
| 37.50                              | 1 1/2"  | 100.00        | 100              |
| 25.00                              | 1,0"    | 100.00        | 100              |
| 19.00                              | 3/4 "   | 99.76         | 100              |
| 12.50                              | 1/2 "   | 94.72         | 90 – 100         |
| 9.50                               | 3/8 "   | 90.91         | 77 – 90          |
| 4.75                               | No. 4   | 58.39         | 53 – 69          |
| 2.36                               | No. 8   | 41.02         | 33 – 53          |
| 1.18                               | No. 16  | 32.04         | 21 – 40          |
| 0.600                              | No. 30  | 25.33         | 14 – 30          |
| 0.300                              | No. 50  | 19.28         | 9 – 22           |
| 0.150                              | No. 100 | 10.08         | 6 – 15           |
| 0.075                              | No. 200 | 3.89          | 4 – 9            |

Hasil uji Marshall merujuk pada tabel 2.9 Sifat Campuran Aspal Modifikasi, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 2,5% dengan KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 5,91. Nilai VIM yang tinggi dapat menyebabkan campuran mudah porous karena rongga udara dalam campuran cukup tinggi dan dapat mengurangi keawetan. Dan nilai stabilitas sisa setelah perendaman yaitu 86,82 tidak masuk spesifikasi untuk laston AC-WC yang mensyaratkan nilai stabilitas sisa setelah perendaman adalah

minimal 90. Nilai tersebut berpengaruh pada kekuatan perkerasan dalam menerima beban.

Tabel 4. 6 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 2,5%

| No. | Karakteristik campuran                                    | Hasil Job Mix Design | Satuan             | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1   | Kadar Aspal                                               | 6.00                 | %                  | -                       |
| 2   | Kadar Aspal efektif                                       | 5.09                 | %                  | -                       |
| 3   | Penyerapan Aspal                                          | 0.972                | %                  | -                       |
| 4   | Jumlah tumbukan                                           | 2 x 75               | x                  | 2 x 75                  |
| 5   | Kepadatan                                                 | 2.275                | ton/m <sup>3</sup> | -                       |
| 6   | Rongga dalam campuran (VIM)                               | 5.91                 | %                  | 3 - 5                   |
| 7   | Rongga dalam agregat (VMA)                                | 17.10                | %                  | Min. 15                 |
| 8   | Rongga terisi aspal (VFB)                                 | 65.54                | %                  | Min. 65                 |
| 9   | Stabilitas Marshall                                       | 1743.6               | kg                 | Min. 1000               |
| 10  | Kelelehan                                                 | 3.12                 | mm                 | 2 - 4                   |
| 11  | Marshall Quotient                                         | 561.8                | kg/mm              | Min. 250                |
| 12  | Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)     | 2.65                 | %                  | Min. 2                  |
| 13  | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | 86.82                | %                  | Min. 90                 |

### 3. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 5%

Rekap komposisi dalam campuran diperoleh dari penggunaan prosentase agregat yang masuk dalam batas minimum dan maksimum dari gradasi. Agregat gabungan diuji menggunakan saringan agregat. Nilai gradasi harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.2, 2.3, dan 2.7. Dari hasil gradasi agregat gabungan maka digunakan campuran sebagai berikut:

Tabel 4. 7 Rekap Komposisi dan Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 5%

| Sumber Material | Ukuran dan jenis material  | Komposisi ( % ) terhadap agregat | Komposisi ( % ) terhadap campuran | Berat individu di plant (Kg) |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Hot Bin I       | Abu batu                   | 50                               | 47.50                             | 475.00                       |
| Hot Bin II      | Agreggat ukuran maks. 1/2" | 37                               | 35.15                             | 351.50                       |
| Hot Bin III     | Agreggat ukuran maks. 3/4" | 8                                | 7.60                              | 76.00                        |
| Asbuton         | B 50/30                    | 5                                | 4.75                              | 47.50                        |
| Aspal           | Aspal pertamina pen. 60-70 | 5                                | 5.00                              | 50.00                        |
| <b>Total</b>    |                            | <b>105.0</b>                     | <b>100</b>                        | <b>1000</b>                  |

Pada gradasi gabungan antara agregat yang digunakan dalam campuran, menghasilkan nilai gradasi yang masuk dalam spesifikasi untuk AC-WC, namun pada saringan ukuran 19mm dan 9,5mm berat material tertahan sedikit melebihi batas spesifikasi yaitu 99,75% yang seharusnya dalam spesifikasi 100% dan 91,72% yang mana seharusnya ambang batas lolos saringan maksimal 90%. Artinya agregat gabungan memiliki karakteristik sedikit lebih kasar.

Tabel 4. 8 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 5%

| Kombinasi Agregat gabungan Hot Bin |        |               |                  |
|------------------------------------|--------|---------------|------------------|
| Ukuran saringan                    |        | Hasil gradasi | Spesifikasi ACWC |
| mm                                 | inchi  | % Lolos       | % Pas            |
| 50.00                              | 2,0"   | 100.00        | 100              |
| 37.50                              | 1 1/2" | 100.00        | 100              |
| 25.00                              | 1,0"   | 100.00        | 100              |
| 19.00                              | 3/4 "  | 99.75         | 100              |
| 12.50                              | 1/2 "  | 95.27         | 90 - 100         |
| 9.50                               | 3/8 "  | 91.72         | 77 - 90          |
| 4.75                               | No. 4  | 59.54         | 53 - 69          |
| 2.36                               | No. 8  | 41.85         | 33 - 53          |

| Kombinasi Agregat gabungan Hot Bin |         |               |             |
|------------------------------------|---------|---------------|-------------|
| Ukuran saringan                    |         | Hasil gradasi | Spesifikasi |
|                                    |         |               | ACWC        |
| mm                                 | inchi   | % Lolos       | % Pas       |
| 1.18                               | No. 16  | 32.44         | 21 - 40     |
| 0.600                              | No. 30  | 25.52         | 14 - 30     |
| 0.300                              | No. 50  | 19.35         | 9 - 22      |
| 0.150                              | No. 100 | 10.09         | 6 - 15      |
| 0.075                              | No. 200 | 3.89          | 4 - 9       |

Hasil uji Marshall merujuk pada tabel 2.9 Sifat Campuran Aspal Modifikasi, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 5% dengan KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 5,85. Nilai VIM yang tinggi dapat menyebabkan campuran mudah porous karena rongga udara dalam campuran cukup tinggi dan dapat mengurangi keawetan. Dan nilai stabilitas sisa setelah perendaman yaitu 89,24 tidak masuk spesifikasi untuk laston AC-WC yang mensyaratkan nilai stabilitas sisa setelah perendaman adalah minimal 90. Nilai tersebut berpengaruh pada kekuatan perkerasan dalam menerima beban.

Tabel 4. 9 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 5%

| No. | Karakteristik campuran      | Hasil   | Satuan             | Spesifikasi<br>Laston<br>ACWC |
|-----|-----------------------------|---------|--------------------|-------------------------------|
|     |                             | Job Mix |                    |                               |
|     |                             | Design  |                    |                               |
| 1   | Kadar Aspal                 | 6.00    | %                  | -                             |
| 2   | Kadar Aspal efektif         | 5.14    | %                  | -                             |
| 3   | Penyerapan Aspal            | 0.913   | %                  | -                             |
| 4   | Jumlah tumbukan             | 2 x 75  | x                  | 2 x 75                        |
| 5   | Kepadatan                   | 2.282   | ton/m <sup>3</sup> | -                             |
| 6   | Rongga dalam campuran (VIM) | 5.85    | %                  | 3 - 5                         |
| 7   | Rongga dalam agregat (VMA)  | 17.20   | %                  | Min. 15                       |
| 8   | Rongga terisi aspal (VFB)   | 66.00   | %                  | Min. 65                       |
| 9   | Stabilitas Marshall         | 1765.3  | kg                 | Min. 1000                     |

| No. | Karakteristik campuran                                    | Hasil Job Mix Design | Satuan | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------------------|--------|-------------------------|
| 10  | Kelelahan                                                 | 2.97                 | mm     | 2 - 4                   |
| 11  | Marshall Quotient                                         | 610.4                | kg/mm  | Min. 250                |
| 12  | Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)     | 2.65                 | %      | Min. 2                  |
| 13  | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | 89.24                | %      | Min. 90                 |

4. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 7,5%

Rekap komposisi dalam campuran diperoleh dari penggunaan prosentase agregat yang masuk dalam batas minimum dan maksimum dari gradasi. Agregat gabungan diuji menggunakan saringan agregat. Nilai gradasi harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.2, 2.3, dan 2.7. Dari hasil gradasi agregat gabungan maka digunakan campuran sebagai berikut:

Tabel 4. 10 Komposisi Campuran Kadar Asbuton 7,5%

| Sumber Material | Ukuran dan jenis material  | Komposisi ( % ) terhadap agregat | Komposisi ( % ) terhadap campuran | Berat individu di plant (Kg) |
|-----------------|----------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|
| Hot Bin I       | Abu batu                   | 50                               | 47.75                             | 477.50                       |
| Hot Bin II      | Agregat ukuran maks. 1/2"  | 32                               | 30.56                             | 305.60                       |
| Hot Bin III     | Agregat ukuran maks. 3/4"  | 10.5                             | 10.03                             | 100.28                       |
| Asbuton         | B 50/30                    | 7.5                              | 7.16                              | 71.63                        |
| Aspal           | Aspal pertamina pen. 60-70 | 4.5                              | 4.50                              | 45.00                        |
| <b>Total</b>    |                            | <b>104.5</b>                     | <b>100</b>                        | <b>1000</b>                  |

Pada gradasi gabungan antara agregat yang digunakan dalam campuran, menghasilkan nilai gradasi yang masuk dalam spesifikasi untuk AC-WC, namun pada saringan ukuran 19mm dan 9,5mm berat material tertahan sedikit melebihi batas spesifikasi yaitu 99,66% yang seharusnya

dalam spesifikasi 100%. Artinya agregat gabungan memiliki karakteristik sedikit lebih kasar.

Tabel 4. 11 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 7,5%

| Kombinasi Agregat gabungan Hot Bin |         |               |                  |
|------------------------------------|---------|---------------|------------------|
| Ukuran saringan                    |         | Hasil gradasi | Spesifikasi ACWC |
| mm                                 | inci    | % Lolos       | % Pas            |
| 50.00                              | 2,0"    | 100.00        | 100              |
| 37.50                              | 1 1/2"  | 100.00        | 100              |
| 25.00                              | 1,0"    | 100.00        | 100              |
| 19.00                              | 3/4 "   | 99.66         | 100              |
| 12.50                              | 1/2 "   | 93.70         | 90 - 100         |
| 9.50                               | 3/8 "   | 89.17         | 77 - 90          |
| 4.75                               | No. 4   | 59.69         | 53 - 69          |
| 2.36                               | No. 8   | 42.63         | 33 - 53          |
| 1.18                               | No. 16  | 32.84         | 21 - 40          |
| 0.600                              | No. 30  | 25.71         | 14 - 30          |
| 0.300                              | No. 50  | 19.42         | 9 - 22           |
| 0.150                              | No. 100 | 10.09         | 6 - 15           |
| 0.075                              | No. 200 | 3.89          | 4 - 9            |

Hasil uji Marshall merujuk pada tabel 2.9 Sifat Campuran Aspal Modifikasi, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 7,5% dengan KAO 6% dalam campuran, semua nilai uji memenuhi persyaratan untuk Laston AC-WC.

Tabel 4. 12 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 7,5%

| No. | Karakteristik campuran | Hasil Job Mix Design | Satuan             | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1   | Kadar Aspal            | 6.00                 | %                  | -                       |
| 2   | Kadar Aspal efektif    | 5.71                 | %                  | -                       |
| 3   | Penyerapan Aspal       | 0.306                | %                  | -                       |
| 4   | Jumlah tumbukan        | 2 x 75               | x                  | 2 x 75                  |
| 5   | Kepadatan              | 2.293                | ton/m <sup>3</sup> | -                       |



| No. | Karakteristik campuran                                    | Hasil Job Mix Design | Satuan | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------------------|--------|-------------------------|
| 6   | Rongga dalam campuran (VIM)                               | 4.51                 | %      | 3 - 5                   |
| 7   | Rongga dalam agregat (VMA)                                | 17.18                | %      | Min. 15                 |
| 8   | Rongga terisi aspal (VFB)                                 | 73.76                | %      | Min. 65                 |
| 9   | Stabilitas Marshall                                       | 1614.4               | kg     | Min. 1000               |
| 10  | Kelelahan                                                 | 2.69                 | mm     | 2 - 4                   |
| 11  | Marshall Quotient                                         | 601.3                | kg/mm  | Min. 250                |
| 12  | Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)     | 2.65                 | %      | Min. 2                  |
| 13  | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | 92.79                | %      | Min. 90                 |

5. Hasil Uji Marshall Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan Kadar Asbuton 10%

Rekap komposisi dalam campuran diperoleh dari penggunaan prosentase agregat yang masuk dalam batas minimum dan maksimum dari gradasi. Agregat gabungan diuji menggunakan saringan agregat. Nilai gradasi harus memenuhi syarat seperti pada Tabel 2.2, 2.3, dan 2.7. Dari hasil gradasi agregat gabungan maka digunakan campuran sebagai berikut:

Tabel 4. 13 Komposisi Campuran Kadar Asbuton 10%

| Sumber Material | Ukuran dan jenis material  | Komposisi (%) terhadap agregat | Komposisi (%) terhadap campuran | Berat individu di plant (Kg) |
|-----------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Hot Bin I       | Abu batu                   | 45                             | 43.20                           | 432.00                       |
| Hot Bin II      | Agregat ukuran maks. 1/2"  | 35                             | 33.60                           | 336.00                       |
| Hot Bin III     | Agregat ukuran maks. 3/4"  | 10.0                           | 9.60                            | 96.00                        |
| Asbuton         | B 50/30                    | 10.0                           | 9.60                            | 96.00                        |
| Aspal           | Aspal pertamina pen. 60-70 | 4.0                            | 4.00                            | 40.00                        |
| <b>Total</b>    |                            | <b>104.0</b>                   | <b>100</b>                      | <b>1000</b>                  |

Pada gradasi gabungan antara agregat yang digunakan dalam campuran, menghasilkan nilai gradasi yang masuk dalam spesifikasi untuk AC-WC, namun pada saringan ukuran 19mm dan 9,5mm berat material

tertahan sedikit melebihi batas spesifikasi yaitu 99,64% yang seharusnya dalam spesifikasi 100%. Artinya agregat gabungan memiliki karakteristik sedikit lebih kasar.

Tabel 4. 14 Gradasi Agregat Gabungan Kadar Asbuton 10%

| Kombinasi Agregat gabungan Hot Bin |         |               |                  |
|------------------------------------|---------|---------------|------------------|
| Ukuran saringan                    |         | Hasil gradasi | Spesifikasi ACWC |
| Mm                                 | inchi   | % Lolos       | % Pas            |
| 50.00                              | 2,0"    | 100.00        | 100              |
| 37.50                              | 1 1/2"  | 100.00        | 100              |
| 25.00                              | 1,0"    | 100.00        | 100              |
| 19.00                              | 3/4 "   | 99.64         | 100              |
| 12.50                              | 1/2 "   | 93.71         | 90 - 100         |
| 9.50                               | 3/8 "   | 89.08         | 77 - 90          |
| 4.75                               | No. 4   | 57.16         | 53 - 69          |
| 2.36                               | No. 8   | 39.54         | 33 - 53          |
| 1.18                               | No. 16  | 30.09         | 21 - 40          |
| 0.600                              | No. 30  | 23.40         | 14 - 30          |
| 0.300                              | No. 50  | 17.58         | 9 - 22           |
| 0.150                              | No. 100 | 9.10          | 6 - 15           |
| 0.075                              | No. 200 | 3.51          | 4 - 9            |

Hasil uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan kadar asbuton 10% dari KAO 6% dalam campuran, nilai VIM tidak masuk persyaratan spesifikasi laston AC-WC yaitu 3-5 sedangkan nilai yang dihasilkan adalah 2,59. Nilai VIM yang berpengaruh pada daya ikat agregat dan aspal, nilai VIM yang terlalu rendah dapat menyebabkan perkerasan mudah mengalami bleeding dan mengurangi nilai keawetan akibat naiknya aspal ke permukaan pada saat menerima beban.

Tabel 4. 15 Karakteristik Campuran Kadar Asbuton 10%

| No. | Karakteristik campuran                                    | Hasil Job Mix Design | Satuan             | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|----------------------|--------------------|-------------------------|
| 1   | Kadar Aspal                                               | 6.00                 | %                  | -                       |
| 2   | Kadar Aspal efektif                                       | 6.41                 | %                  | -                       |
| 3   | Penyerapan Aspal                                          | -0.434               | %                  | -                       |
| 4   | Jumlah tumbukan                                           | 2 x 75               | x                  | 2 x 75                  |
| 5   | Kepadatan                                                 | 2.312                | ton/m <sup>3</sup> | -                       |
| 6   | Rongga dalam campuran (VIM)                               | 2.59                 | %                  | 3 - 5                   |
| 7   | Rongga dalam agregat (VMA)                                | 16.92                | %                  | Min. 15                 |
| 8   | Rongga terisi aspal (VFB)                                 | 84.82                | %                  | Min. 65                 |
| 9   | Stabilitas Marshall                                       | 1698.3               | kg                 | Min. 1000               |
| 10  | Kelelehan                                                 | 2.67                 | mm                 | 2 - 4                   |
| 11  | Marshall Quotient                                         | 640.6                | kg/mm              | Min. 250                |
| 12  | Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)     | 2.65                 | %                  | Min. 2                  |
| 13  | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | 91.15                | %                  | Min. 90                 |

Sebanyak 5 (lima) varian penambahan asbuton sebagai bahan substitusi untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) varian dengan penambahan asbuton sebanyak 7,5% adalah varian yang paling ideal karena memenuhi persyaratan spesifikasi untuk Laston AC-WC sesuai ketentuan yang digunakan yaitu (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018) untuk jalan dan jembatan. Penggunaan lima varian asbuton yang diujicobakan, beberapa varian memiliki nilai VIM dan nilai VMA yang tidak masuk persyaratan spesifikasi untuk Laston AC-WC, pengaruh VIM disebabkan oleh gradasi agregat yang digunakan dalam campuran. Nilai stabilitas sisa perendaman lebih rendah dari persyaratan spesifikasi karena dipengaruhi oleh lama waktu perendaman dan rongga udara yang terdapat pada sampel.

Tabel 4. 16 Ringkasan Hasil Uji Marshall

| No. | Karakteristik campuran                                    | Hasil Job Mix Design Asb. 0% | Hasil JMD Asb. 2,5% | Hasil JMD Asb. 5% | Hasil JMD Asb. 7,5% | Hasil JMD Asb. 10% | Satuan             | Spesifikasi Laston ACWC |
|-----|-----------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|
| 1   | Kadar Aspal                                               | 6.00                         | 6.00                | 6.00              | 6.00                | 6.00               | %                  | -                       |
| 2   | Kadar Aspal efektif                                       | 4.68                         | 5.09                | 5.14              | 5.71                | 6.41               | %                  | -                       |
| 3   | Penyerapan Aspal                                          | 1.408                        | 0.972               | 0.913             | 0.306               | -0.434             | %                  | -                       |
| 4   | Jumlah tumbukan                                           | 2 x 75                       | 2 x 75              | 2 x 75            | 2 x 75              | 2 x 75             | x                  | 2 x 75                  |
| 5   | Kepadatan                                                 | 2.296                        | 2.275               | 2.282             | 2.293               | 2.312              | ton/m <sup>3</sup> | -                       |
| 6   | Rongga dalam campuran (VIM)                               | 5.57                         | 5.91                | 5.85              | 4.51                | 2.59               | %                  | 3 - 5                   |
| 7   | Rongga dalam agregat (VMA)                                | 15.96                        | 17.10               | 17.20             | 17.18               | 16.92              | %                  | Min. 15                 |
| 8   | Rongga terisi aspal (VFB)                                 | 65.23                        | 65.54               | 66.00             | 73.76               | 84.82              | %                  | Min. 65                 |
| 9   | Stabilitas Marshall                                       | 1654.8                       | 1743.6              | 1765.3            | 1614.4              | 1698.3             | kg                 | Min. 1000               |
| 10  | Kelelehan                                                 | 3.19                         | 3.12                | 2.97              | 2.69                | 2.67               | mm                 | 2 - 4                   |
| 11  | Marshall Quotient                                         | 518.2                        | 561.8               | 610.4             | 601.3               | 640.6              | kg/mm              | Min. 250                |
| 12  | Rongga dalam campuran pada kepadatan membal (refusal)     | 2.65                         | 2.65                | 2.65              | 2.65                | 2.65               | %                  | Min. 2                  |
| 13  | Stabilitas marshall sisa setelah perendaman 24 jam, 60° C | 90.93                        | 86.82               | 89.24             | 92.79               | 91.15              | %                  | Min. 90                 |

#### 4.3. Perhitungan harga produksi

Pada kadar asbuton 0% atau tanpa menggunakan campuran asbuton dan hanya menggunakan aspal minyak sebanyak 60 kg/ton maka berasaran rupiah untuk kebutuhan produksi sebagai berikut:

Tabel 4. 17 Rekap Komposisi dan Harga Satuan Material Kadar Asbuton 0%

| Sumber Material | Ukuran Dan Jenis Material  | Komposisi Terhadap Campuran (%) | Berat Individu Di Plant (Kg) | Harga Material (Rp./Kg) | Jumlah Harga Material (Rp.) |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| Hot Bin I       | Abu Batu                   | 47.00                           | 470.00                       | 140.80                  | 66.176.00                   |
| Hot Bin II      | Agreggat Ukuran Maks. 1/2" | 37.60                           | 376.00                       | 153.650                 | 57.772.40                   |
| Hot Bin III     | Agreggat Ukuran Maks. 3/4" | 9.40                            | 94.00                        | 146.650                 | 13.785.10                   |
| Asbuton         | B 50/30                    | 0.00                            | 0.00                         | 2.100.0                 | -                           |
| Aspal           | Aspal Pertamina Pen. 60-70 | 6.00                            | 60.00                        | 10.100.0                | 606.000.00                  |
| <b>Total</b>    |                            | <b>100</b>                      | <b>1000</b>                  |                         | <b>743.733.50</b>           |

Pada kadar asbuton 7,5% dengan menggunakan campuran asbuton sebagai bahan substitusi sebanyak 71,63 kg/ton dengan hasil ekstraksi kandungan aspal setiap satu kilogram asbuton adalah sebanyak 22,8% dan menggunakan aspal minyak sebanyak 45 kg/ton maka berasarkan rupiah untuk kebutuhan produksi sebagai berikut:

Tabel 4. 18 Rekap Komposisi dan Harga Satuan Material Kadar Asbuton 7,5%

| Sumber Material | Ukuran dan jenis material  | Komposisi Terhadap Campuran (%) | Berat individu di plant (Kg) | Harga Material (Rp./Kg) | Jumlah Harga Material (Rp.) |
|-----------------|----------------------------|---------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
|                 |                            |                                 |                              |                         |                             |
| Hot Bin I       | Abu batu                   | 47.75                           | 477.50                       | 140.80                  | 67.232.00                   |
| Hot Bin II      | Agreggat ukuran maks. 1/2" | 30.56                           | 305.60                       | 153.650                 | 46.955.44                   |
| Hot Bin III     | Agreggat ukuran maks. 3/4" | 10.03                           | 100.28                       | 146.650                 | 14.705.33                   |
| Asbuton         | B 50/30                    | 7.16                            | 71.63                        | 2.100.0                 | 150.412.50                  |
| Aspal           | Aspal pertamina pen. 60-70 | 4.50                            | 45.00                        | 10.100.0                | 454.500.00                  |
| <b>Total</b>    |                            | <b>100</b>                      | <b>1000</b>                  |                         | <b>733.805.27</b>           |

Tabel 4. 19 Perbandingan Harga Pokok Material

| No                                          | Jenis Campuran                      | Harga Pokok Material (Rp) |
|---------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------|
| 1                                           | Laston Lapis Aus ( AC-WC ) LGA 0%   | 743.733,50                |
| 2                                           | Laston Lapis Aus ( AC-WC ) LGA 7,5% | 733.805,27                |
| Selisih (1 – 2)                             |                                     | 9.928,23                  |
| <b>9.928,23 / 743.733,50 x 100 = 1,33 %</b> |                                     |                           |

Harga pokok produksi untuk material Laston AC-WC Asb. Butir dengan kadar asbuton 0% membutuhkan sejumlah 743.733,50 rupiah per ton, dan harga pokok produksi untuk material Laston AC-WC Asb. Butir dengan kadar asbuton 7,5% membutuhkan sejumlah 733.805,27 rupiah per ton. Keduanya memiliki selisih sebesar 9.928,23 rupiah. Dengan hasil tersebut maka dapat disimpulkan jika penggunaan asbuton pada campuran untuk Laston AC-WC Asb. Butir dapat menghemat biaya pokok produksi sejumlah 1,33%.

Artinya dengan penambahan asbuton sebagai bahan substitusi untuk Laston AC-WC Asb. Butir untuk mendapatkan satu kilogram aspal dalam asbuton membutuhkan 4,38 kg. asbuton dan biaya yang dibutuhkan sebanyak Rp. 9.198,- dan jika dibandingkan dengan harga satu kilogram aspal minyak yaitu sebesar Rp. 10.100,- maka dapat menghemat Rp. 902,- per kilogram kebutuhan aspal.

#### 4.4. Analisa Statistik Hasil Uji Marshall, untuk Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir)

##### 1. Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Kepadatan (*Density*)

Hasil uji Anova *One Way* variabel penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi terhadap nilai Density pada gambar 4.3 menunjukkan nilai signifikan 1.000. Nilai ini  $>0.05$  maka dapat disimpulkan jika penambahan kadar asbuton tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai Density Laston AC-WC Asb. Butir. Hal tersebut dibuktikan dengan nilai density yang dihasilkan pada tiap interval penambahan asbuton hanya merubah nilai density sebesar 0,02 sampai 0,03 gr/cm<sup>3</sup>. Dimana hasilnya adalah 2,29 gr/cm<sup>3</sup> di KAO 6% pada kadar asbuton yg digunakan adalah 0%, 2,27 gr/cm<sup>3</sup> di KAO 6% pada kadar asbuton 2,5%, density 2,28 gr/cm<sup>3</sup> di KAO 6% dan kadar asbuton yg digunakan adalah 5%,



density 2,29 gr/cm<sup>3</sup> di KAO 6% dan kadar asbuton yg digunakan adalah 7,5%, density 2,31 gr/cm<sup>3</sup> di KAO 6% dan kadar asbuton yg digunakan adalah 10%. Nilai kepadatan tidak terpengaruh besar pada laston dengan penambahan asbuton sebagai bahan substitusi.

| ANOVA          |                |    |             |      |       |
|----------------|----------------|----|-------------|------|-------|
| 2.27           |                |    |             |      |       |
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F    | Sig.  |
| Between Groups | .000           | 4  | .000        | .000 | 1.000 |
| Within Groups  | .002           | 25 | .000        |      |       |
| Total          | .002           | 29 |             |      |       |

Gambar 4. 3 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Kepadatan (*Density*)

## 2. Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai *Void In The Mineral Agregat (VMA)*

Variabel penggunaan asbuton memiliki pengaruh terhadap nilai *Void In The Mineral Agregat (VMA)*. Dengan metode *One Way* pada gambar 4.4 menunjukkan nilai signifikan 0,21, kurang dari nilai <0,05. Maka dapat disimpulkan jika penambahan kadar asbuton memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai VMA Laston AC-WC Asb. Butir. Nilai signifikan terbukti dengan adanya perubahan nilai yang cukup tinggi yaitu 1% lebih dibandingkan dengan nilai VMA dari Laston tanpa campuran asbuton. Dengan nilai VMA dari campuran adalah 15,96% pada asbuton kadar 0% dan KAO yang digunakan 6%, 17,10% pada asbuton kadar 2,5% dan KAO yang digunakan 6%, 17,20% pada asbuton kadar 5% dan KAO yang digunakan 6%, 17,18% pada asbuton kadar 7,5% dan KAO yang digunakan 6%, 16,92% pada asbuton kadar 10% dan KAO yang digunakan 6%. Kenaikan nilai VMA seiring dengan naiknya kadar asbuton yang digunakan, yang mana VMA berpengaruh terhadap prosentase rongga diantara butiran agregat. Semakin tinggi nilai VMA maka dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan.

| ANOVA          |                |    |             |       |      |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| 2.27           |                |    |             |       |      |
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
| Between Groups | 8.608          | 4  | 2.152       | 3.489 | .021 |
| Within Groups  | 15.421         | 25 | .617        |       |      |
| Total          | 24.029         | 29 |             |       |      |

Gambar 4. 4 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai *Void In The Mineral Agregat (VMA)*

### 3. Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai *Void Filled with Bitumen (VFB)*

Penggunaan Asbuton sebagai variabel penelitian pada Laston AC-WC Asb. Butir terhadap nilai *Void Filled with Bitumen (VFB)* menggunakan Anova dengan metode *One Way* pada gambar 4.5 menunjukkan nilai VFB signifikan  $>0,05$  maka dapat disimpulkan jika penambahan kadar asbuton tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai VFB Laston AC-WC Asb. Butir. Nilai VFB untuk asbuton kadar 0% dan KAO 6% adalah 65,23%, untuk asbuton kadar 2,5% dan KAO 6% adalah 65,54%, untuk asbuton kadar 5% dan KAO 6% adalah 66,00%, untuk asbuton kadar 7,5% dan KAO 6% adalah 73,76%, untuk asbuton kadar 10% dan KAO 6% adalah 84,82%,. Nilai VFB mengalami kenaikan namun pada kadar 5% asbuton mengalami penurunan.

| ANOVA          |                |    |             |       |      |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| 2.27           |                |    |             |       |      |
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
| Between Groups | 895.407        | 4  | 223.852     | 2.665 | .056 |
| Within Groups  | 2099.706       | 25 | 83.988      |       |      |
| Total          | 2995.113       | 29 |             |       |      |

Gambar 4. 5 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai *Void Filled with Bitumen*

### 4. Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Stabilitas

Pengaruh penggunaan asbuton terhadap nilai Stabilitas pada Laston AC-WC Asb. Butir dapat dilihat pada hasil uji Anova dengan metode *One Way* pada

gambar 4.6. Nilai signifikan 1.000 artinya nilai signifikan  $>0,05$ . Maka dapat disimpulkan jika penambahan kadar asbuton tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai Stabilitas Laston AC-WC Asb. Butir. Nilai stabilitas menunjukkan kemampuan campuran dalam menerima beban tidak mengalami perubahan signifikan dan memenuhi syarat spesifikasi yaitu minimal 1.000 kg. Perubahan nilai stabilitas dari tiap-tiap variabelnya tidak lebih dari 100 kg. Kenaikan terjadi pada varian asbuton 2,5% sampai pada varian 5%. Pada varian 7,5% dan varian 10% terjadi penurunan nilai stabilitas sampai pada nilai stabilitas dibawah varian tanpa asbuton atau varian 0%. Pada kadar asbuton 0% dan KAO 6% adalah 1.654,8 kg, kadar asbuton 2,5% dan KAO 6% adalah 1.743,6 kg, kadar asbuton 5% dan KAO 6% adalah 1.765,3 kg, kadar asbuton 7,5% dan KAO 6% adalah 1.614,4 kg, kadar asbuton 10% dan KAO 6% adalah 1.698,3 kg.

| ANOVA          |                |    |             |      |       |
|----------------|----------------|----|-------------|------|-------|
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F    | Sig.  |
| Between Groups | .000           | 4  | .000        | .000 | 1.000 |
| Within Groups  | 43666.615      | 25 | 1746.665    |      |       |
| Total          | 43666.615      | 29 |             |      |       |

Gambar 4. 6 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Stabilitas

##### 5. Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Kelelehan (*Flow*)

Uji Anova dengan metode *One Way* pada gambar 4.7 yaitu pengaruh terhadap nilai Kelelehan (*Flow*) pada Laston AC-WC Asb. Butir pada penelitian, dengan variabel penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi. Hasil Nilai signifikan menunjukkan 1.000 atau  $>0,05$ . Maka dapat disimpulkan jika penambahan kadar asbuton tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai Flow Laston AC-WC Asb. Butir. Nilai flow untuk asbuton kadar 0% dan KAO 6% adalah 3,19 mm, asbuton kadar 2,5% dan KAO 6% adalah 3,12 mm, asbuton kadar 5% dan KAO 6% adalah 2,97 mm, asbuton kadar 7,5% dan KAO 6% adalah 2,69 mm, asbuton kadar 10% dan KAO 6% adalah 2,67 mm. Nilai flow mengalami

penurunan dengan penambahan asbuton yang semakin tinggi. Dengan turunnya nilai flow maka kemungkinan campuran mengalami retak dini lebih tinggi.

| ANOVA          |                |    |             |      |       |
|----------------|----------------|----|-------------|------|-------|
| 2.27           |                |    |             |      |       |
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F    | Sig.  |
| Between Groups | .000           | 4  | .000        | .000 | 1.000 |
| Within Groups  | .658           | 25 | .026        |      |       |
| Total          | .658           | 29 |             |      |       |

Gambar 4. 7 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai Kelelehan (*Flow*)

#### 6. Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai *Void In Mix (VIM)*

Hasil uji Anova dengan metode One Way pada variabel penggunaan asbuton sebagai bahan substitusi terhadap nilai *Void In Mix (VIM)* pada gambar 4.8 menunjukkan nilai signifikan yang dihasilkan adalah 0,64 yaitu  $>0,05$ . Maka dapat disimpulkan jika penambahan kadar asbuton tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai VIM Laston AC-WC Asb. Butir. Dengan ditambahkannya asbuton sebagai bahan substitusi pada varian 0%-5% tidak begitu menekan nilai VIM karena masih terlampau tinggi melewati batas nilai spesifikasi untuk laston, namun pada varian 7,5% nilai VIM masuk persyaratan spesifikasi. Kemudian pada kadar 10% nilai VIM mengalami penurunan dan masih dalam kategori tidak masuk dalam syarat spesifikasi untuk Laston. Nilai VIM pada kadar asbuton 0% dan KAO 6% adalah 5,57%, kadar asbuton 2,5% dan KAO 6% adalah 5,91%, kadar asbuton 5% dan KAO 6% adalah 5,85, kadar asbuton 7,5% dan KAO 6% adalah 4,51%, kadar asbuton 10% dan KAO 6% adalah 2,59%. VIM seiring dengan naiknya kadar asbuton yang digunakan mengalami, yang mana VIM adalah besaran prosentase rongga dalam campuran. Semakin tinggi kadar asbuton nilai VIM semakin turun dan dapat menyebabkan naiknya aspal ke permukaan. Jika nilai VIM tinggi maka kemungkinan butiran agregat terlepas atau mengalami poros dan berpengaruh terhadap keawetan atau umur dari campuran aspal yang dihasilkan.

| ANOVA          |                |    |             |       |      |
|----------------|----------------|----|-------------|-------|------|
| 2.27           |                |    |             |       |      |
|                | Sum of Squares | df | Mean Square | F     | Sig. |
| Between Groups | 19.964         | 4  | 4.991       | 2.547 | .064 |
| Within Groups  | 48.996         | 25 | 1.960       |       |      |
| Total          | 68.960         | 29 |             |       |      |

Gambar 4. 8 Hasil Uji Anova Pengaruh penggunaan Asbuton terhadap nilai *Void In Mix (VIM)*



## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

1. Berat jenis campuran Laston Lapis Aus Asbuton Butir (AC-WC Asb. Butir) dengan penambahan asbuton lebih tinggi dan secara visual Laston dengan penambahan asbuton menghasilkan campuran dengan warna yang *doff*.
2. Nilai stabilitas marshall asbuton yang masuk spesifikasi sebagai bahan substitusi pada Laston AC-WC Asb. Butir ada pada KAO 6% dan kadar asbuton yang digunakan sebanyak 7,5%. Dengan hasil Marshall nilai VIM 4,51%, VFB 73,76%, Stabilitas Marshall 1.614 Kg, Kelelehan 2,6 mm, MQ 601,3 Kg/mm, Stabilitas sisa setelah perendaman 24 jam 92,79%.
3. Penggunaan Asbuton untuk Laston AC-WC Asb. Butir menghemat biaya pokok produksi sejumlah 1,33%.

#### 5.2 Saran

1. Pada penelitian ini agregat camputan yang digunakan cenderung halus sehingga untuk pembuatan Laston nantinya diharapkan dapat memperhatikan gradasi material yang digunakan sehingga menghasilkan hasil yang baik.
2. Selalu melakukan cek kadar aspal pada asbuton yang masuk sebagai bahan baku produksi.
3. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat membuat varian campuran yang lebih banyak dan rentang varian asbuton yang lebih rapat.
4. Dengan *job mix design* yang dihasilkan dalam penelitian ini harapannya dapat diteruskan dalam uji coba *trial mix*.



## DAFTAR PUSTAKA

- Angka, A. B., & Kushari. (2018). Pengaruh Penggunaan Asbuton Lawele Terhadap Karakteristik Campuran Ac-Bc Dengan Durasi Perendaman. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian (SNP2M) 2018*, 2018, 75–81.
- Arfan, I. A. (2018). *Studi Eksperimental Penentuan Kadar Aspal Buton Optimum Tipe Lga 50/30 Menggunakan Agregat Batu Gamping*.
- Direktorat Jenderal Bina Marga. (2018). Spesifikasi Umum 2018 Revisi 2. *Edaran Dirjen Bina Marga Nomor 02/SE/Db/2018, Revisi 2*, 6.1-6.104.
- Erizal. (2018). Pengaruh Temperatur Terhadap Karakteristik Laston AC – WC Menggunakan Asbuton Modifikasi JBMA – 50 dan Aspal Minyak. *Pasca Sarjana Universitas Islam Riau*.
- Haikal, M. F., Jasman, & Widarto, H. (2024). Analisa Pengaruh Variasi Penggabungan Asbuton dan Aspal Minyak Terhadap Campuran AC-BC. *Jurnal KARAJATA ENGINEERING*, 4(2), 161–170.
- Hasriana, T. (2018). *Menguji Kadar Aspal Buton (ASBUTON) Dengan Ekstraksi Menggunakan Metode Sokhlet Di PT. Wika Bitumen Sulawesi Tenggara*.
- Kementrian Pekerjaan Umum. (2007). *Pedoman Pelaksanaan Lapis Campuran Beraspal Panas*.
- Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. (2018). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Tentang Penggunaan Aspal Buton Untuk Pembangunan Preservasi Jalan*. 18/PRT/M/2.
- Qamar, L. M. S., & Agus, I. (2022). Karakteristik Uji Marshall Campuran Asbuton Tipe Lawele Bitumen Rendah Menggunakan Modifier Aspal Lawele. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil UNIDAYAN*, 11(1), 40–45. <https://doi.org/10.55340/jmi.v11i1.827>
- Rizal, M. (2016). Ekstraksi dan Karakteristik Aspal Buton Sebagai Aditif Formulasi Aspal Lokal. In *Skripsi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah Jakarta*.
- Setiawan, A. (2011). Studi penggunaan asbuton butir terhadap karakteristik marshall. *Jurnal SMARTek*, 9, 11–27.
- Sumiati, Mahmuda, & Puryanto. (2019). Keunggulan Asbuton Pracampuran Dan Aspal Shell Pada Campuran Aspal Beton (Ac-Bc). In *Jurnal Poli-Teknologi* (Vol. 18, Issue 1). <https://doi.org/10.32722/pt.v18i1.1289>
- Wijayanto, I. (2013). *Ekstraksi Asbuton Dengan Metode Asbuton Emulsi Menggunakan Emulgator Cocamide Dea Ditinjau Dari Konsentrasi H2O Dan Waktu Ekstraksi*.