

# PERBANDINGAN NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL UNTUK CAMPURAN AC-WC MENGUNAKAN QUARRY AKANUNU DAN QUARRY HERA

**Krisantos Ria Bela<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Katolik Widya Mandira Kupang.  
email korespondensi : [krisantosbela@unwira.ac.id](mailto:krisantosbela@unwira.ac.id)

## ABSTRACT

*Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC) is a road construction layer consisting of coarse aggregate, fine aggregate, filler, and hard asphalt. This material is mixed, laid, and compacted at specific temperatures to form a durable and strong road surface layer. Enhancing road resilience against various factors causing damage is essential to maintain transportation systems and ensure even economic growth across regions. In this context, it's important to compare the physical and mechanical characteristics of AC-WC mixtures using materials from Quarry Akanunu and Quarry Hera. The aim of this study is to assess the performance of AC-WC mixtures from both quarries using the standard Marshall 2 x 75 blows testing method. The research findings indicate that using an optimal asphalt content of 5.85% from Quarry Akanunu, there are differences in Marshall characteristics compared to mixtures using materials from Quarry Hera. At an asphalt content of 5.85% from Quarry Akanunu, the differences in stability values reached 67.28 kg, flow 0.13 mm, VIM (Void in the Mix) 0.31%, VMA (Void in Mineral Aggregate) 0.14%, VFB (Void Filled with Bitumen) 1.22%, and Marshall Quotient (MQ) 31.43 Kg/mm. Meanwhile, using an optimal asphalt content of 5.90% from Quarry Hera, the differences in stability values reached 69.90 kg, flow 0.15 mm, VIM 0.31%, VMA 0.14%, VFA 1.22%, and MQ 33.12 Kg/mm. From this analysis, Quarry Hera shows slightly better performance in terms of stability and other Marshall characteristics compared to Quarry Akanunu, although both mixtures meet the specifications of Bina Marga 2018 revision 2.*

*Keywords: Marshall Characteristics, AC-WC, Quarry Akanunu, Quarry Hera.*

## ABSTRAK

Lapis Aspal Beton (LASTON) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan aspal keras. Material ini dicampur, dihampar, dan dipadatkan pada suhu tertentu untuk membentuk lapisan permukaan jalan yang kuat dan tahan lama. Peningkatan ketahanan jalan terhadap berbagai faktor penyebab kerusakan menjadi langkah esensial dalam menjaga kelangsungan sistem transportasi dan memastikan pertumbuhan ekonomi merata di seluruh wilayah. Dalam konteks ini, penting untuk melakukan perbandingan karakteristik fisik dan mekanik campuran *Asphalt Concrete - Wearing Course (AC-WC)* menggunakan material dari Quarry Akanunu dan Quarry Hera. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan performa campuran AC-WC dari kedua quarry tersebut dengan menggunakan metode pengujian standar Marshall 2 x 75 tumbukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menggunakan kadar aspal optimum 5.85% dari Quarry Akanunu, terdapat perbedaan dalam karakteristik Marshall dibandingkan dengan campuran yang menggunakan material dari Quarry Hera. Pada kadar aspal 5.85% dari Quarry Akanunu, perbedaan nilai stabilitas mencapai 67.28 kg, flow 0.13 mm, VIM (*Void in the Mix*) 0.31%, VMA (*Void in Mineral Aggregate*) 0.14%, VFB (*Void Filled with Bitumen*) 1.22%, dan *Marshall Quotient (MQ)* 31.43 Kg/mm. Sementara dengan menggunakan kadar aspal optimum 5.90% dari Quarry Hera, perbedaan nilai stabilitas mencapai 69.90 kg, flow 0.15 mm, VIM 0.31%, VMA 0.14%, VFA 1.22%, dan MQ 33.12 Kg/mm. Dari hasil analisis ini, Quarry Hera menunjukkan performa yang sedikit lebih baik dalam hal stabilitas dan karakteristik Marshall lainnya dibandingkan dengan Quarry Akanunu, meskipun kedua campuran tersebut memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2.

**Kata Kunci:** Karakteristik Marshall, AC-WC, Quarry Akanunu, Quarry Hera.

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan jalan memiliki peran penting dalam mendukung mobilitas manusia dan barang serta pertumbuhan ekonomi di seluruh wilayah (Iriyena et al., 2019). Meskipun demikian, lapisan jalan seperti Laston AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) rentan terhadap kerusakan akibat faktor-faktor seperti suhu tinggi dan beban lalu lintas berat. Kerusakan pada lapisan jalan, seperti pelepasan butiran agregat dan retakan, mengganggu lalu lintas dan menghambat sistem transportasi. Meskipun Laston memiliki fleksibilitas tinggi, penggunaannya dapat meningkatkan risiko kerusakan yang berpotensi menyebabkan biaya perbaikan besar (Irianto et al., 2021).

Penting untuk melakukan pemeliharaan dan pengembangan jaringan jalan yang baik guna mendukung pembangunan dan kemajuan suatu negara. Peningkatan ketahanan jalan terhadap faktor-faktor yang dapat menyebabkan kerusakan menjadi langkah esensial dalam menjaga keberlanjutan sistem transportasi dan memastikan pertumbuhan ekonomi merata di seluruh wilayah. Dalam konteks ini, perbandingan nilai karakteristik Marshall antara campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) yang menggunakan bahan dari Quarry Akanunu dan Quarry Hera menjadi penting.

Pemilihan quarry yang tepat dalam memproduksi campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dapat berkontribusi pada peningkatan ketahanan jalan terhadap kerusakan serta mengurangi biaya perbaikan di masa mendatang. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai kualitas campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dari kedua quarry tersebut diharapkan dapat memberikan panduan bagi langkah-langkah perbaikan atau peningkatan yang lebih efektif dalam pembangunan infrastruktur jalan.

Sebelum kemerdekaannya pada tanggal 20 Mei 2002, Timor Leste merupakan bagian dari Provinsi Timor Timur di Indonesia, dengan Kota Dili sebagai ibu kotanya (Iopes Da Cruz & Sakti, 2018). Saat ini, negara tersebut mengalami pertumbuhan pesat, terutama di Distrik Oe-Cusse yang menjadi Zona Ekonomi Khusus, dengan intensitas pembangunan infrastruktur seperti jalan, jembatan, bendungan, gedung perkantoran, perhotelan, dan pariwisata.

Quarry Hera menjadi salah satu sumber utama agregat untuk memenuhi kebutuhan pembangunan, sementara Quarry Akanunu, yang terletak di kecamatan Hera, berperan penting sebagai penyedia agregat untuk konstruksi di beberapa daerah seperti Kota Dili, Fatu Ahi, dan Metinaro.

Dalam konteks ini, penelitian terhadap karakteristik marshall untuk campuran AC-WC menggunakan bahan dari quarry Akanunu dan Quarry Hera, yang mematuhi Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2 serta standar nasional Indonesia (SNI) sangat diperlukan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi perbedaan karakteristik fisik dan mekanik campuran AC-WC (*Asphalt Concrete - Wearing Course*) dari kedua sumber material tersebut, termasuk Stabilitas, Kelelahan (*Flow*), *Void in the Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ).

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Lapis Aspal Beton (Laston) *Asphalt Concrete* (AC)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC terdiri dari tiga jenis campuran yaitu AC Lapis Aus (AC – *Wearing Course*, AC - WC), AC Lapis Antara (AC - *Binder Couse*, AC-BC), dan AC Lapis Pondasi (AC - *Base*) dan ukuran maksimum agregat masing - masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, dan 37,5 mm. Setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer atau Aspal dimodifikasi dengan Aspal Alam atau Aspal Multigrade disebut masing-masing sebagai AC-WC modified, AC-BC modified, dan AC-Base modified (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018 Revisi 2).

### 2.2. Persamaan Campuran Beraspal Panas Menggunakan Alat Marshall (RSNI M-01-2003)

#### 1. Berat Jenis *Bulk*/curah Agregat Campuran ( $G_{sb}$ )

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan :

- $G_{sb}$  = Berat jenis *bulk*/curah agregat campuran
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  = Persentase berat masing-masing fraksi agregat terhadap berat total agregat campuran
- $G_1, G_2, \dots, G_n$  = Berat jenis *bulk* dari masing-masing fraksi agregat (fraksi 1-n)

#### 2. Berat Jenis Semu ( $G_{sa}$ )

$$G_{sa} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_n}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_n}{G_n}} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan :

- $G_{sa}$  = Berat jenis semu agregat campuran
- $G_1, G_2, \dots, G_n$  = Berat jenis *bulk* dari masing-masing fraksi agregat (fraksi 1-n)

#### 3. Berat Jenis Efektif Agregat Campuran ( $G_{se}$ )

$$G_{se} = \frac{100 - P_a}{\frac{100}{G_{mm}} - \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :

- $G_{se}$  = Berat jenis dari agregat pembentuk beton aspal padat
- $G_{mm}$  = Berat jenis maksimum dari beton aspal
- $P_a$  = % aspal, persen dari berat total campuran
- $G_a$  = Berat jenis aspal
- 100 merupakan berat beton aspal yang belum dipadatkan (gram)

4. Berat Jenis Maksimum Campuran dengan Perbedaan Kadar Aspal ( $G_{mm}$ )

$$G_{mm} = \frac{100}{\frac{P_s}{G_{se}} + \frac{P_a}{G_a}} \dots\dots\dots (4)$$

Dengan :

$G_{mm}$  = Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan

$P_s$  = % agregat, persen dari berat total campuran

5. Penyerapan Aspal ( $P_{ab}$ )

$$P_{ab} = 100 \frac{(G_{se} - G_{sb})}{G_{sb} \times G_{se}} G_a \dots\dots\dots (5)$$

Dengan :

$P_{ab}$  = Kadar aspal yang terabsorpsi ke dalam pori butir agregat (%)

$G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

6. Kadar Aspal Efektif yang Menyelimuti Agregat ( $P_{ae}$ )

$$P_{ae} = P_a - \frac{P_{ab}}{100} \times P_s \dots\dots\dots (6)$$

Dengan :

$P_{ae}$  = kadar aspal efektif yang menyelimuti butir-butir agregat (%)

7. Kadar Aspal Tengah ( $P$ )

$$P = 0.035(\%CA) + 0.045(\%FA) + 0.18(\%filler) + K \dots\dots\dots (7)$$

Dengan :

$P$  = Kadar aspal tengah

$CA$  = Persen agregat tertahan saringan no. 4

$FA$  = Persen agregat lolos saringan no. 4 tertahan saringan no. 200

$K$  = Konstanta = 0.5 – 1.0 (untuk Laston)

8. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA), sebagai Persentase dari Berat Beton Aspal Padat

$$VMA = \left( 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}} \right) \dots\dots\dots (8)$$

Dengan :

VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat (%)

$G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* beton aspal padat

$G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat

$P_s$  = Kadar agregat, (%) terhadap beton aspal padat

9. Volume Pori dalam Agregat Campuran (VMA), sebagai persentase dari Berat Agregat.

$$VMA = \left( 100 - \frac{G_{mb}}{G_{sb}} \times \frac{100}{100 + P_{a1}} \times 100\% \right) \dots\dots\dots (9)$$

Dengan :

- VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat (%)
- $G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* beton aspal padat
- $G_{sb}$  = Berat jenis *bulk* dari agregat pembentuk beton aspal padat
- $P_{a1}$  = Kadar agregat, (%) terhadap berat agregat

10. Volume Pori dalam Beton Aspal Padat (VIM)

$$VIM = \left( 100 - \frac{G_{mm} \times G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

Dengan :

- VIM = Volume pori dalam beton aspal padat (%)
- $G_{mm}$  = Berat jenis maksimum dari beton aspal yang belum dipadatkan
- $G_{mb}$  = Berat jenis *bulk* dari beton aspal padat

11. Rumus Filler (P)

$$P = 100 \left( \frac{d}{D} \right)^{0.45} \dots\dots\dots (11)$$

Dengan :

- P = Persen lolos saringan dengan bukaan saringan d mm
- d = Ukuran agregat yang diperiksa (mm)
- D = Ukuran maksimum agregat yang terdapat dalam campuran (mm)

12. Volume Pori Antar Butiran Agregat yang Terisi Aspal (VFB)

$$VFB = \frac{100(VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (12)$$

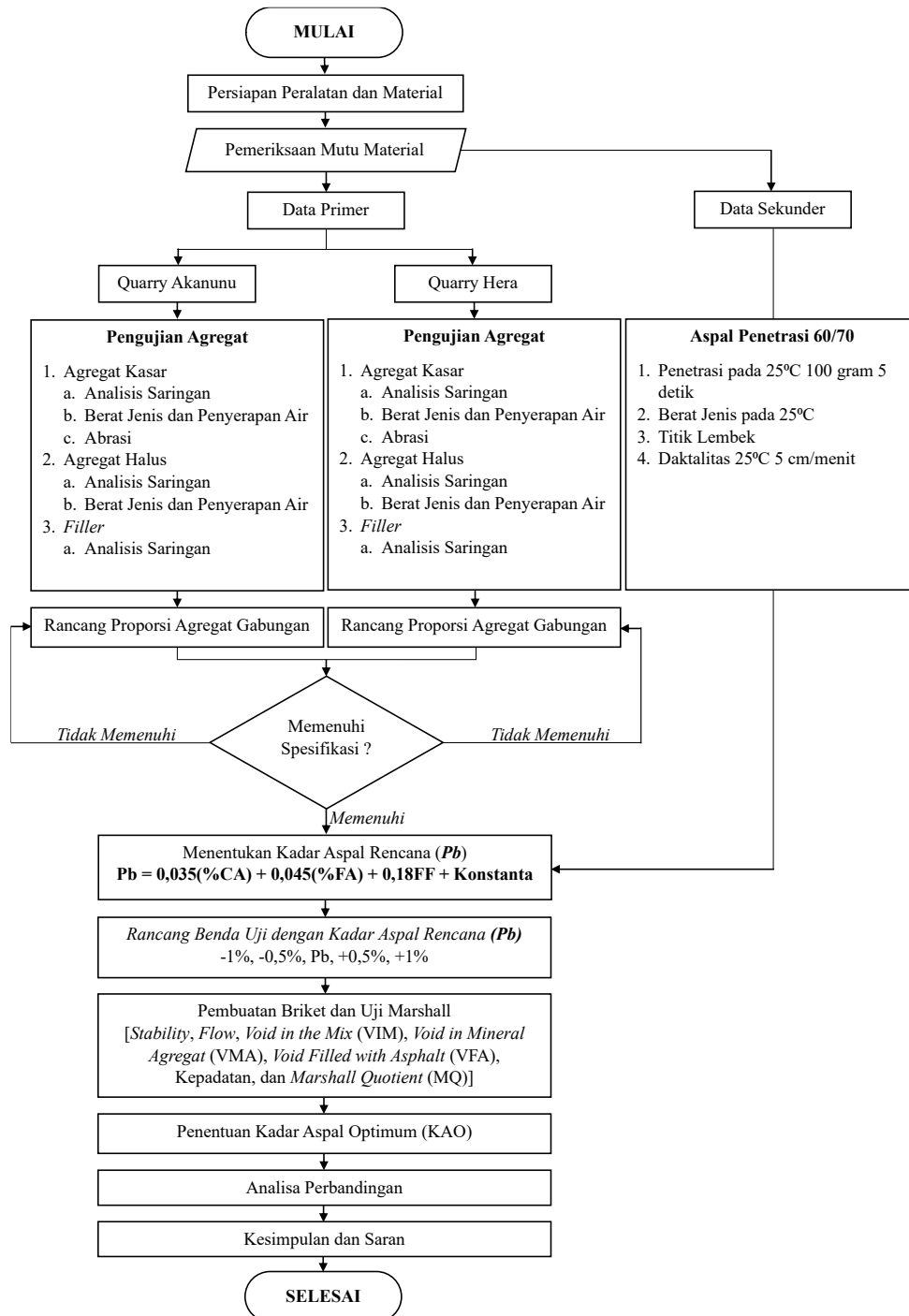
Dengan :

- VFB = Volume pori antar butir agregat yang terisi aspal, % dari VMA
- VMA = Volume pori antara agregat di dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat
- VIM = Volume pori dalam beton aspal padat, % dari volume *bulk* beton aspal padat

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan karakteristik Marshall dari campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) menggunakan material dari *Quarry* Akanunu dan *Quarry* Hera. Metode uji laboratorium digunakan untuk

menevaluasi perbedaan karakteristik fisik dan mekanik campuran AC-WC dari kedua sumber material tersebut meliputi Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), *Void in the Mix* (VIM), *Void in Mineral Agregat* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ). Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Dinas PU Provinsi NTT. Bahan yang digunakan meliputi agregat, bahan pengisi (*filler*), dan aspal. Tahapan prosedur pelaksanaan yang akan dilakukan dalam penelitian ini seperti yang tergambar dalam Diagram alir penelitian dibawah ini.



**Gambar 3.1.** Diagram alir penelitian

## 4. ANALISIS DAN PEMBAHASAN

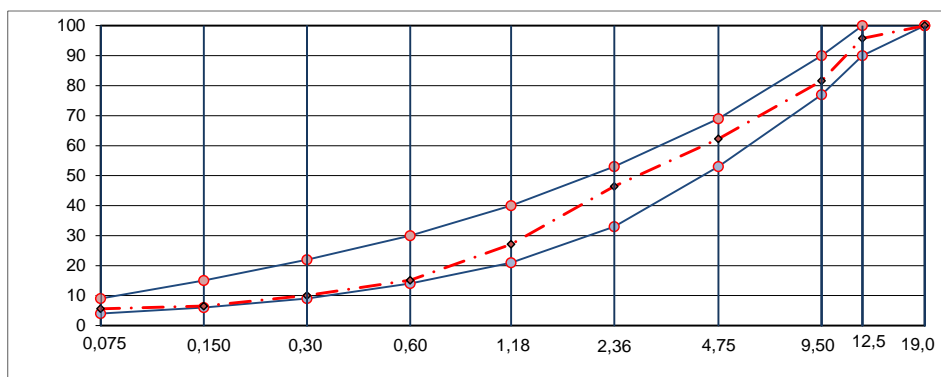
### 4.1 Pemeriksaan Mutu Material

Setelah melakukan pemeriksaan di Laboratorium Pengujian Dinas PU Provinsi NTT, diperoleh hasil pemeriksaan terhadap agregat kasar (SNI 03-1968-1990, SNI 03-1969-1990, SNI 03-2417-1991), agregat halus (SNI 03-1968-1990, SNI 03-1970-1990), dan bahan pengisi/*filler* (SNI 03-1968-1990, SNI 15-2531-1991). Semua material telah lolos uji saringan dengan baik, memiliki berat jenis yang sesuai, penyerapan air di bawah batas maksimum, dan nilai abrasi yang masih dalam toleransi untuk aplikasi dalam pembuatan campuran beton aspal untuk lapisan permukaan *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC). Dengan demikian, material-material ini siap digunakan dalam proyek konstruksi jalan sesuai dengan standar Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 yang berlaku. Langkah selanjutnya adalah merancang proporsi agregat gabungan.

### 4.2 Rancang Gradasi Agregat Gabungan

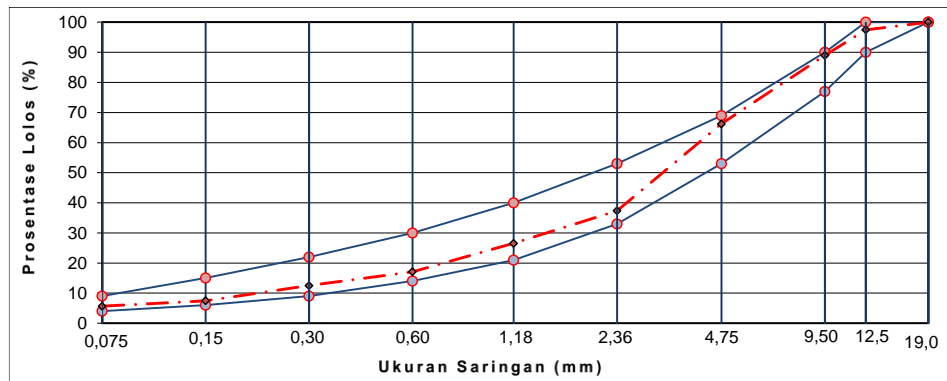
Tujuan dari membuat komposisi agregat gabungan adalah untuk menentukan proporsi relatif dari setiap fraksi agregat dalam campuran tersebut sehingga dapat memperkirakan kadar aspal yang diperlukan (biasanya disebut kadar aspal tengah atau *Pb*) (Dewi et al., 2021).

Dalam menentukan komposisi campuran AC-WC, perhitungannya sering dilakukan dengan metode uji coba (*trial and error*). Dengan pendekatan ini, kita mencari tahu proporsi ideal dari masing-masing jenis agregat yang dibutuhkan dalam campuran AC-WC tersebut untuk mencapai hasil pencampuran yang optimal (Khamid & Izazi, 2019). Gradasi atau distribusi ukuran agregat dalam campuran diuji dan direpresentasikan dalam bentuk kurva gradasi, yang menunjukkan hubungan antara persentase material yang lolos saringan dengan ukuran saringan yang berada di posisi tengah di antara nilai batas atas dan batas bawah, seperti yang diilustrasikan dalam **Gambar 4.1** dan **Gambar 4.2**.



**Gambar 4.1** Amplop Gradasi Gabungan Quarry Akanunu





Ket :

- = batas maksimum (%)
- - -●- - - = batas minimum (%)
- - -◆- - - = persen lolos tiap saringan

**Gambar 4.2** Amplop Gradasi Gabungan Quarry Hera

### 4.3 Aspal Penetrasi 60/70

Aspal yang digunakan adalah aspal keras/padat dengan penetrasi 60/70. Adapun data hasil pengujian aspal meliputi penetrasi, berat jenis aspal, daktilitas, dan titik lembek seperti yang ditunjukkan pada **Tabel 4.1** berikut ini :

**Tabel 4.1** Data Sekunder Aspal Penetrasi 60/70

| No | Jenis Pengujian              | Metode Pengujian | Hasil  | Spesifikasi |
|----|------------------------------|------------------|--------|-------------|
| 1  | Penetrasi pada 25°C (0.1 mm) | SNI 2456:2011    | 69.70  | 60 - 70     |
| 2  | Berat jenis                  | SNI 2441:2011    | 1.040  | ≥ 1.0       |
| 3  | Daktilitas pada 25°C (cm)    | SNI 2432:2011    | 140.00 | ≥ 50        |
| 4  | Titik lembek (°C)            | SNI 2434:2011    | 58.00  | ≥ 48        |

Sumber : Laboratorium Pengujian Dinas PU Provinsi NTT (2024)

### 4.4 Penentuan Kadar Aspal Rencana (*Pb*)

Kadar aspal dalam campuran aspal beton merupakan jumlah aspal yang efektif melapisi dan mengisi pori-pori butiran agregat dalam campuran. Perhitungan kadar aspal rencana dilakukan setelah mendapatkan distribusi ukuran agregat dari masing-masing fraksi agregat yang memenuhi standar Spesifikasi Bina Marga 2018 Revisi 2 (Makin et al., 2023).

Analisis gradasi agregat dari Quarry Akanunu menunjukkan persentase lolos saringan untuk setiap fraksi butiran, yaitu agregat kasar (CA) sebesar 37.73%, agregat halus (FA) sebesar 56.64%, dan *filler* (FF) sebesar 5.63%, dengan menggunakan Konstanta (K) 0.75 untuk laston. Sementara itu, Quarry Hera memiliki persentase lolos saringan yang berbeda, dimana agregat kasar (CA) sebesar 33.79%, agregat halus (FA) sebesar 60.54%, dan *filler* (FF) sebesar 5.67%, juga menggunakan Konstanta (K) 0.75 untuk laston.

Berdasarkan analisis tersebut, kadar aspal rencana (*Pb*) yang direkomendasikan adalah 5.63% untuk Quarry Akanunu dan 5.68% untuk Quarry



Hera. Untuk mendapatkan nilai rencana yang lebih konsisten, kedua nilai tersebut dibulatkan menjadi 5.50%. Rentang kadar aspal yang dapat digunakan dapat dilihat dalam **Tabel 4.2** berikut.

**Tabel 4.2** Perkiraan Nilai Kadar Aspal

| Pb-1 | Pb-0.5 | Pb          | Pb+0.5 | Pb+1 |
|------|--------|-------------|--------|------|
| 4.50 | 5.00   | <b>5.50</b> | 6.00   | 6.50 |

Sumber : Hasil Analisa (2024)

#### 4.5 Rancang Benda Uji dengan Kadar Aspal Rencana (*Pb*)

Berdasarkan nilai kadar aspal yang diperoleh diatas, perhitungan berat masing-masing komponen dalam campuran pada kadar aspal rencana untuk Quarry Akanunu dan Quarry Hera menghasilkan nilai yang sama, sebagaimana terlihat dalam **Tabel 4.3** di bawah ini:

**Tabel 4.3** Formula Campuran Rencana Quarry Akanunu dan Quarry Gihon

| KOMPOSISI                   |     |           | BERAT (Gr)   |              |              |              |              |
|-----------------------------|-----|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Pb                          |     |           | 4.50         | 5.00         | 5.50         | 6.00         | 6.50         |
| 3/4"                        | 7%  | Gr        | 80.22        | 79.80        | 79.38        | 78.96        | 78.54        |
| 1/2"                        | 35% | Gr        | 401.10       | 399.00       | 396.90       | 394.80       | 392.70       |
| Abu Batu                    | 49% | Gr        | 561.54       | 558.60       | 555.66       | 552.72       | 549.78       |
| Pasir                       | 7%  | Gr        | 80.22        | 79.80        | 79.38        | 78.96        | 78.54        |
| Filler                      | 2%  | Gr        | 22.92        | 22.80        | 22.68        | 22.56        | 22.44        |
| <b>BERAT AGREGAT</b>        |     | <b>Gr</b> | <b>1146</b>  | <b>1140</b>  | <b>1134</b>  | <b>1128</b>  | <b>1122</b>  |
| <b>BERAT ASPAL</b>          |     | <b>Gr</b> | <b>54.00</b> | <b>60.00</b> | <b>66.00</b> | <b>72.00</b> | <b>78.00</b> |
| <b>BERAT TOTAL CAMPURAN</b> |     | <b>Gr</b> | <b>1200</b>  | <b>1200</b>  | <b>1200</b>  | <b>1200</b>  | <b>1200</b>  |

Sumber : Hasil Analisa (2024)

#### 4.6 Pengujian Marshall

Pada campuran Laston jenis AC-WC yang menggunakan agregat dari Quarry Akanunu dan Quarry Hera, dilakukan pengujian Stabilitas dan kelelahan (*Flow*) di Laboratorium Pengujian Dinas PU Provinsi NTT. Dari analisis data tersebut, diperoleh nilai-nilai VIM (*Void In the Mix*), VMA (*Void in Mineral Aggregate*), VFB (*Void Filled with Bitumen*), dan MQ (*Marshall Quotient*) untuk campuran dengan kadar aspal antara 4.50% hingga 6.50%.

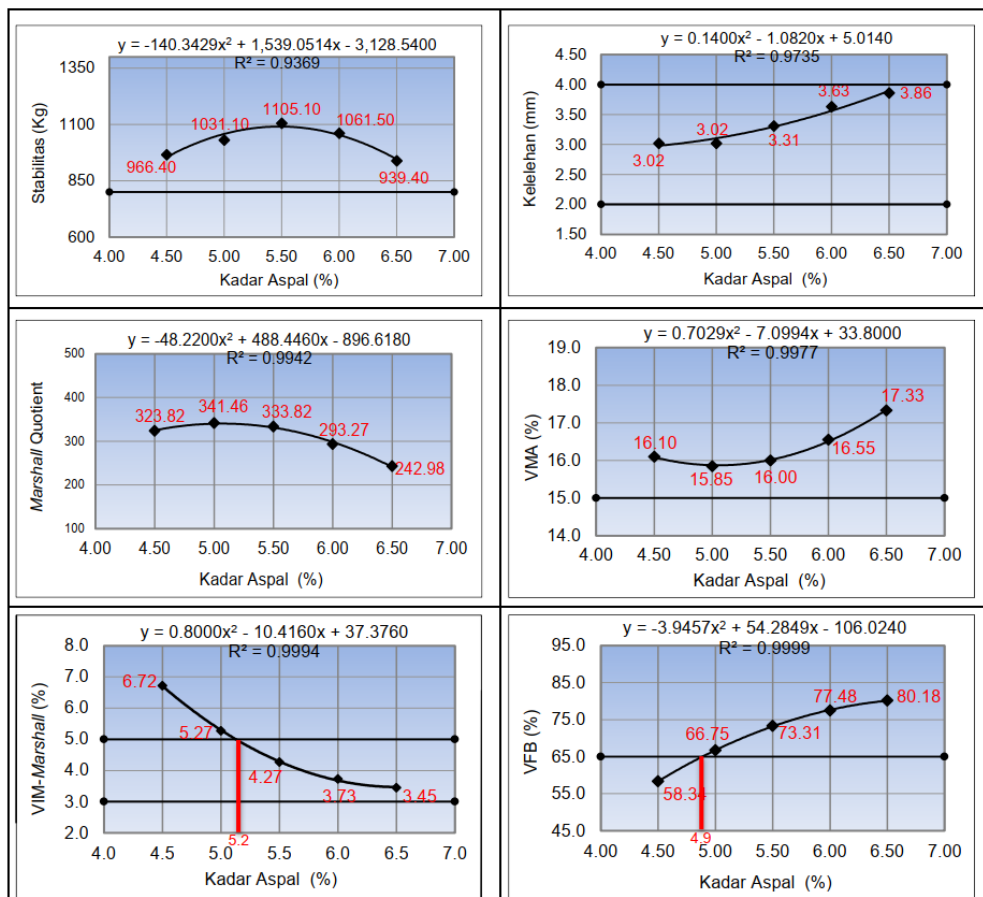
Hasil pengujian Marshall campuran Laston (AC-WC) kemudian dirangkum sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, seperti yang terlihat pada **Tabel 4.4** untuk Quarry Akanunu dan **Tabel 4.5** untuk Quarry Hera. Grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan sifat-sifat campuran dapat dilihat dalam **Gambar 4.3** untuk Quarry Akanunu dan **Gambar 4.4** untuk Quarry Hera di bawah ini:

**Tabel 4.4** Rangkuman Hasil Pengujian Marshall Quarry Akanunu

| Kadar Aspal (%) | Benda Uji Marshall | Parameter <i>Marshall</i> |                  |                   |                |                |                |
|-----------------|--------------------|---------------------------|------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
|                 |                    | Stabilitas (Kg)           | <i>Flow</i> (mm) | <i>MQ</i> (Kg/mm) | <i>VMA</i> (%) | <i>VIM</i> (%) | <i>VFB</i> (%) |
| Spesifikasi     |                    | Min 800                   | Min 2-4          | -                 | Min 15         | 3-5            | Min 65         |
| 4.50 %          | A                  | 876.30                    | 3.21             | 272.99            | 16.50          | 7.16           | 56.60          |

| Kadar Aspal (%)  | Benda Uji Marshall | Parameter Marshall |             |               |              |             |              |
|------------------|--------------------|--------------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
|                  |                    | Stabilitas (Kg)    | Flow (mm)   | MQ (Kg/mm)    | VMA (%)      | VIM (%)     | VFB (%)      |
| Spesifikasi      |                    | Min 800            | Min 2-4     | -             | Min 15       | 3-5         | Min 65       |
|                  | B                  | 1056.50            | 2.82        | 374.65        | 15.70        | 6.27        | 60.08        |
| <b>Rata-Rata</b> |                    | <b>966.40</b>      | <b>3.02</b> | <b>323.82</b> | <b>16.10</b> | <b>6.72</b> | <b>58.34</b> |
| 5.00 %           | A                  | 1043.80            | 3.07        | 340.00        | 16.04        | 5.49        | 65.77        |
|                  | B                  | 1018.50            | 2.97        | 342.93        | 15.65        | 5.05        | 67.73        |
| <b>Rata-Rata</b> |                    | <b>1031.10</b>     | <b>3.02</b> | <b>341.46</b> | <b>15.85</b> | <b>5.27</b> | <b>66.75</b> |
| 5.50 %           | A                  | 1136.80            | 3.33        | 341.38        | 16.20        | 4.51        | 72.19        |
|                  | B                  | 1073.40            | 3.29        | 326.26        | 15.79        | 4.04        | 74.43        |
| <b>Rata-Rata</b> |                    | <b>1105.10</b>     | <b>3.31</b> | <b>333.82</b> | <b>16.00</b> | <b>4.27</b> | <b>73.31</b> |
| 6.00 %           | A                  | 1145.20            | 3.97        | 288.46        | 16.36        | 3.50        | 78.58        |
|                  | B                  | 977.70             | 3.28        | 298.08        | 16.75        | 3.95        | 76.39        |
| <b>Rata-Rata</b> |                    | <b>1061.50</b>     | <b>3.63</b> | <b>293.27</b> | <b>16.55</b> | <b>3.73</b> | <b>77.48</b> |
| 6.50 %           | A                  | 856.00             | 3.77        | 227.06        | 17.81        | 4.01        | 77.48        |
|                  | B                  | 1022.70            | 3.95        | 258.91        | 16.84        | 2.88        | 82.88        |
| <b>Rata-Rata</b> |                    | <b>939.40</b>      | <b>3.86</b> | <b>242.98</b> | <b>17.33</b> | <b>3.45</b> | <b>80.18</b> |

Sumber : Hasil Analisa (2024)

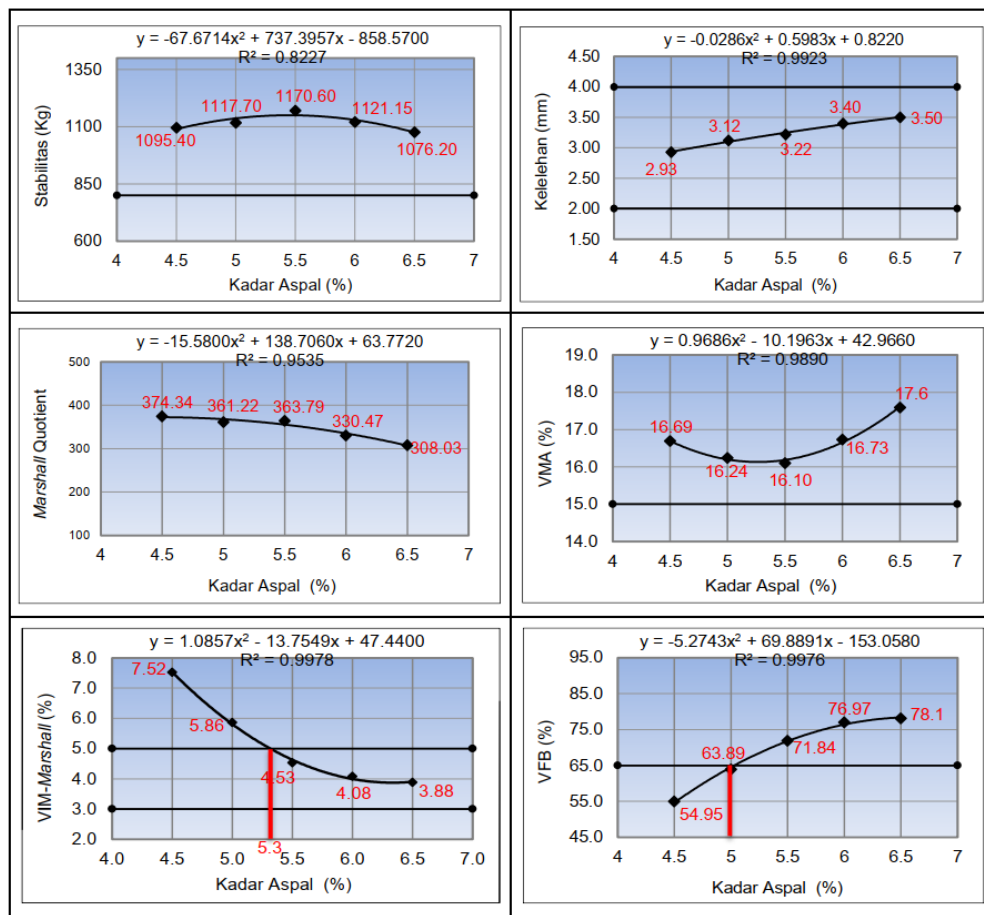


**Gambar 4.3** Grafik Hubungan Kadar Aspal Rencana Terhadap Parameter Marshall Menggunakan Material Quarry Akanunu

**Tabel 4.5** Rangkuman Hasil Pengujian Marshall Quarry Hera

| Kadar Aspal (%) | Benda Uji Marshall | Parameter Marshall |             |               |              |             |              |
|-----------------|--------------------|--------------------|-------------|---------------|--------------|-------------|--------------|
|                 |                    | Stabilitas (Kg)    | Flow (mm)   | MQ (Kg/mm)    | VMA (%)      | VIM (%)     | VFB (%)      |
|                 |                    | Min 800            | Min 2-4     | -             | Min 15       | 3-5         | Min 65       |
| 4.50 %          | A                  | 1140.00            | 2.98        | 382.55        | 16.79        | 7.64        | 54.52        |
|                 | B                  | 1050.80            | 2.87        | 366.13        | 16.58        | 7.40        | 55.37        |
|                 | <b>Rata-Rata</b>   | <b>1095.40</b>     | <b>2.93</b> | <b>374.34</b> | <b>16.69</b> | <b>7.52</b> | <b>54.95</b> |
| 5.00 %          | A                  | 1030.50            | 3.17        | 329.97        | 16.19        | 5.81        | 64.11        |
|                 | B                  | 1204.90            | 3.07        | 392.48        | 16.29        | 5.92        | 63.67        |
|                 | <b>Rata-Rata</b>   | <b>1117.70</b>     | <b>3.12</b> | <b>361.22</b> | <b>16.24</b> | <b>5.86</b> | <b>63.89</b> |
| 5.50 %          | A                  | 1149.50            | 3.28        | 350.46        | 16.00        | 4.42        | 72.37        |
|                 | B                  | 1191.70            | 3.16        | 377.12        | 16.20        | 4.65        | 71.31        |
|                 | <b>Rata-Rata</b>   | <b>1170.60</b>     | <b>3.22</b> | <b>363.79</b> | <b>16.10</b> | <b>4.53</b> | <b>71.84</b> |
| 6.00 %          | A                  | 1187.50            | 3.36        | 353.42        | 14.72        | 1.75        | 88.09        |
|                 | B                  | 1054.80            | 3.43        | 307.52        | 18.75        | 6.40        | 65.85        |
|                 | <b>Rata-Rata</b>   | <b>1121.15</b>     | <b>3.40</b> | <b>330.47</b> | <b>16.73</b> | <b>4.08</b> | <b>76.97</b> |
| 6.50 %          | A                  | 1083.20            | 3.44        | 314.88        | 18.28        | 4.70        | 74.32        |
|                 | B                  | 1069.20            | 3.55        | 301.18        | 16.89        | 3.07        | 81.85        |
|                 | <b>Rata-Rata</b>   | <b>1076.20</b>     | <b>3.50</b> | <b>308.03</b> | <b>17.59</b> | <b>3.88</b> | <b>78.09</b> |

Sumber : Hasil Analisa (2024)

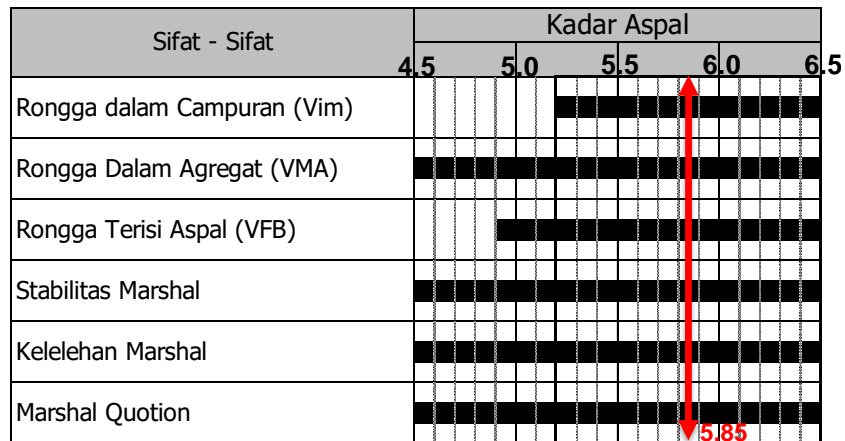


**Gambar 4.4** Grafik Hubungan Kadar Aspal Rencana Terhadap Parameter Marshall Menggunakan Material Quarry Hera

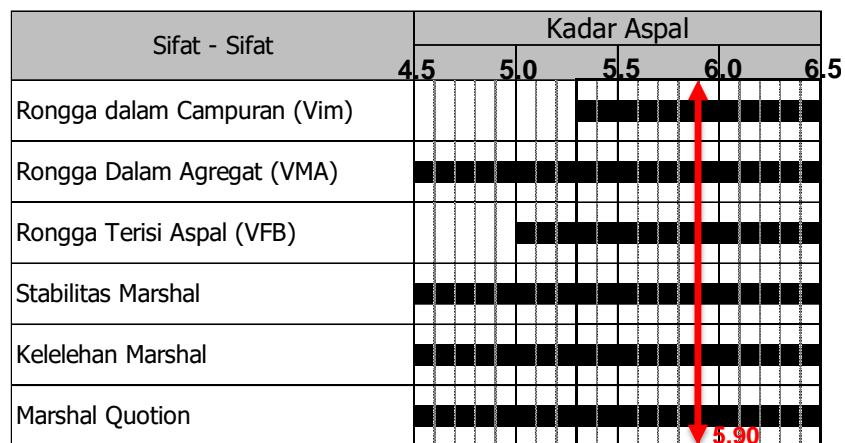
#### 4.7 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi semua parameter Marshall seperti Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), *Void in the Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ) yang sesuai dengan Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2 (Kamba, 2013).

Berdasarkan hasil pengujian Marshall dengan 2x75 tumbukan terhadap campuran menggunakan agregat dari Quarry Akanunu dan Quarry Hera, grafik yang menunjukkan hubungan antara kadar aspal dengan parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada **Gambar 4.5** (Quarry Akanunu) dan **Gambar 4.6** (Quarry Hera) di bawah ini:



**Gambar 4.5** Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Quarry Akanunu



**Gambar 4.6** Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Quarry Hera

Pada **Gambar 4.5** terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ke 6 (enam) sifat campuran adalah pada rentang kadar aspal 5.20 % hingga 6.50 %, dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh untuk campuran beraspal panas menggunakan Quarry Akanunu adalah 5.85 %. Sedangkan Pada **Gambar 4.6** terlihat bahwa kadar aspal yang memenuhi ke 6 (enam) sifat campuran adalah pada rentang kadar aspal 5.30 % hingga 6.50 %, dengan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) yang diperoleh untuk campuran beraspal panas menggunakan Quarry Hera adalah 5.90 %. Dengan memperhatikan hasil KAO yang didapat dari

kedua jenis Quarry tersebut maka dapat dikatakan bahwa KAO untuk Quarry Hera lebih tinggi dari pada Quarry Akanunu.

#### 4.8 Analisa Perbandingan

Berikut adalah rekapitulasi perbandingan karakteristik Marshall antara Quarry Akanunu dan Quarry Hera, meliputi Stabilitas, Kelelehan (*Flow*), *Void in the Mix* (VIM), *Void in Mineral Aggregate* (VMA), *Void Filled with Bitumen* (VFB), dan *Marshall Quotient* (MQ), berdasarkan Kadar Aspal Optimum yang telah diperoleh dari hasil pengujian. **Tabel 4.6** berikut ini menunjukkan hasil analisis perbandingan tersebut:

**Tabel 4.6** Perbandingan Nilai Karakteristik Marshall antara Quarry Akanunu dan Quarry Hera

| No   | Karakteristik Campuran        | Persamaan Regresi Non Linear                  |  | Hasil          |             | Perbandingan atau Selisih |
|--|-------------------------------|---|--|----------------|-------------|---------------------------|
|  |                               | Quarry Akanunu                                | Quarry Hera                              | Quarry Akanunu | Quarry Hera |                           |
| <b>KAO = 5.85 % (Menggunakan KAO Quarry Akanunu)</b> |                               |   |  |                |             |                           |
| 1.   | Stabilitas                    | $y = -140.3429x^2 + 1,539.0514x - 3,128.5400$ | $y = -67.6714x^2 + 737.3957x - 858.5700$ | 1072.03        | 1139.31     | 67.28 Kg                  |
| 2.   | Kelelehan                     | $y = 0.1400x^2 - 1.0820x + 5.0140$            | $y = -0.0286x^2 + 0.5983x + 0.8220$      | 3.48           | 3.34        | 0.13 mm                   |
| 3.   | VIM                           | $y = 0.8000x^2 - 10.4160x + 37.3760$          | $y = 1.0857x^2 - 13.7549x + 47.4400$     | 3.82           | 4.13        | 0.31 %                    |
| 4.   | VMA                           | $y = 0.7029x^2 - 7.0994x + 33.8000$           | $y = 0.9686x^2 - 10.1963x + 42.9660$     | 16.32          | 16.47       | 0.14 %                    |
| 5.   | VFA                           | $y = -3.9457x^2 + 54.2849x - 106.0240$        | $y = -5.2743x^2 + 69.8891x - 153.0580$   | 76.51          | 75.29       | 1.22 %                    |
| 6.   | <i>Marshall Quotient</i> (MQ) | $y = -48.2200x^2 + 488.4460x - 896.6180$      | $y = -15.5800x^2 + 138.7060x + 63.7720$  | 310.58         | 342.02      | 31.43 Kg/mm               |
| <b>KAO = 5.90 % (Menggunakan KAO Quarry Hera)</b>    |                               |   |  |                |             |                           |
| 1.   | Stabilitas                    | $y = -140.3429x^2 + 1,539.0514x - 3,128.5400$ | $y = -67.6714x^2 + 737.3957x - 858.5700$ | 1066.53        | 1136.42     | 69.90 Kg                  |
| 2.   | Kelelehan                     | $y = 0.1400x^2 - 1.0820x + 5.0140$            | $y = -0.0286x^2 + 0.5983x + 0.8220$      | 3.50           | 3.36        | 0.15 mm                   |
| 3.   | VIM                           | $y = 0.8000x^2 - 10.4160x + 37.3760$          | $y = 1.0857x^2 - 13.7549x + 47.4400$     | 3.77           | 4.08        | 0.31 %                    |
| 4.   | VMA                           | $y = 0.7029x^2 - 7.0994x + 33.8000$           | $y = 0.9686x^2 - 10.1963x + 42.9660$     | 16.38          | 16.52       | 0.14 %                    |
| 5.   | VFA                           | $y = -3.9457x^2 + 54.2849x - 106.0240$        | $y = -5.2743x^2 + 69.8891x - 153.0580$   | 76.91          | 75.69       | 1.22 %                    |
| 6.   | <i>Marshall Quotient</i> (MQ) | $y = -48.2200x^2 + 488.4460x - 896.6180$      | $y = -15.5800x^2 + 138.7060x + 63.7720$  | 306.68         | 339.80      | 33.12 Kg/mm               |

Sumber : Hasil Analisa (2024)

## 5.KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian standar Marshall 2 x 75 tumbukan terhadap campuran beraspal menggunakan material dari Quarry Akanunu dan Quarry Hera, dapat disimpulkan bahwa Quarry Hera menghasilkan nilai Stabilitas, VIM, VMA, dan *Marshall Quotient* (MQ) yang lebih tinggi dibandingkan Quarry Akanunu. Namun, keduanya memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, di mana Stabilitas harus di atas 800 kg, VIM berada dalam rentang 3% hingga 5%, dan VMA minimal 15%. Sementara itu, nilai Kelelehan (*Flow*) dan *Void Filled with Bitumen* (VFB) dari Quarry Hera lebih rendah daripada Quarry Akanunu. Keduanya masih memenuhi standar spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 2, di mana *Flow* harus berada dalam rentang 2 mm hingga 4 mm, dan VFB minimal 65%. Dengan demikian, Quarry Hera menunjukkan performa yang sedikit lebih baik dalam hal stabilitas dan karakteristik Marshall lainnya dibandingkan Quarry Akanunu, meskipun keduanya masih dapat digunakan sesuai dengan standar spesifikasi yang berlaku.

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standart Nasional. (1990). SNI 03-1968-1990 Metode Pengujian Tentang Analisis Saringan Agregat Halus dan Kasar. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. (1990). SNI 03-1969-1990 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis dan Penyerapan Air. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. (1990). SNI 03-1970-1990 Metode Pengujian Tentang Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat Halus. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. (1991). SNI 03-2417-1991 Metode Pengujian Keausan Agregat dengan Mesin Abrasi Los Angeles. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional.
- Badan Standart Nasional. (1991). SNI 15-2531-1991 Metode Pengujian Berat Jenis Semen Portland. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Dewi, S. H., Mildawati, R., & Nurhakim, A. (2021). Perbandingan Dua Jenis Agregat Daerah Yang Berbeda Terhadap Karakteristik Marshall Pada Aspal Porus. *SAINSTEK*, 9(1), 47–54.
- Direktorat Jenderal Bina Marga, 2018. "Spesifikasi Umum 2018 Untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan Dan Jembatan Revisi 2", Jakarta.
- Fatmawati, L. (2013). Karakteristik Marshall Dalam Aspal Campuran Panas AC-WC Terhadap Variasi Temperatur Perendaman. *Wahana Teknik Sipil: Jurnal Pengembangan Teknik Sipil*, 18(2).
- Standart Nasional Indonesia. (2003). RSNI M-01-2003, Metode Pengujian Campuran Beraspal Panas dengan Alat Marshall. *Badan Standarisasi Nasional, Jakarta*.
- Iriyena, P., Naukoko, A. T., & Siwu, H. F. D. J. (2019). Analisis pengaruh infrastruktur jalan terhadap pertumbuhan ekonomi di kabupaten kaimana 2007-2017. *Jurnal Berkala Ilmiah Efisiensi*, 19(02).
- Irianto, I., Nur, K., Mahyuddin, M., Erniati, B., Miswar, T., Ihsan, M., ... & Syukuriah, S. (2021). Perancangan Perkerasan Jalan.

- Khamid, A., & Izazi, M. A. (2019). Pengaruh Genangan Air Hujan terhadap Kinerja Campuran Aspal Concere-Wearing Course (AC-WC). *Syntax Lit. J. Ilm. Indones*, 4(7), 1–14.
- lopes Da Cruz, T. A., & Sakti, W. I. (2018). IDENTIFIKASI FAKTOR PRIORITAS MOTIVASI DAN PRESTASI TENAGA KERJA KONSTRUKSI DALAM MENGOPTIMALKAN PENGGUNAAN TENAGA KERJA LOKAL DI TIMOR LESTE. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 2(2), 372–383.
- Makin, M. L. A. M., Kalogo, E., & Bela, K. R. (2023). PENGARUH VARIASI JUMLAH TUMBUKAN TERHADAP NILAI MARSHALL HASIL PEMADATAN PADA ASPAL HRS-WC SECARA MANUAL DAN ELEKTRIK. *Eternitas: Jurnal Teknik Sipil*, 2(2), 27–37.
- Setiawan, F., & Janizar, S. (2021). Percepatan Jadwal Konstruksi dan Pengaruhnya Terhadap Biaya Penyelesaian Proyek Konstruksi. *Jurnal Teknik Sipil Cendekia (Jtsc)*, 2(1), 90-126.
- Janizar, S. (2023). Penerapan Metode Earned Value Analysis Terhadap Waktu Penjadwalan. *Jurnal Konstruksi*, 21(1), 113-120.