

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilaksanakan, maka dapat ditarik kesimpulan antara lain :

##### 5.1.1. Hasil Uji Material.

1. Penetrasi Aspal 6.68mm
2. Titik Lembek Aspal 52.5°C
3. Berat Jenis 1.07
4. BSG Agregat Kasar Cangkang Sawit 1.189
5. ASG Agregat Kasar Cangkang Sawit 1.395
6. ESG Agregat Kasar Cangkang Sawit 1.292
7. Abrosbsi Agregat Kasar Cangkang Sawit 12.49%
8. Abrasi tes 2.014%
9. AIV 5.53%
10. BSG Agregat Halus Cangkang Sawit 1.25
11. ASG Agregat Halus Cangkang Sawit 1.40
12. ESG Agregat Halus Cangkang Sawit 1.32
13. Abrosbsi Agregat Halus Cangkang Sawit 8.7%
14. BSG Agregat Kasar Sungai Kampar 2.56
15. ASG Agregat Kasar Sungai Kampar 2.6
16. ESG Agregat Kasar Sungai Kampar 2.58
17. Abrosbsi Agregat Kasar Sungai Kampar 0.68%
18. Abrasi tes 26.44%
19. AIV 18.33%
20. BSG Agregat Halus Sungai Kampar 2.45
21. ASG Agregat Halus Sungai Kampar 2.6
22. ESG Agregat Halus Sungai Kampar 2.52
23. Abrosbsi Agregat Halus Sungai Kampar 2.2%

### 5.1.2. Campuran Panas Dengan Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus.

1. Untuk campuran panas (Hot mix) yg menggunakan cangkang sawit sebagai aggregate kasar dan halus didapatkan data sebagai berikut :
  - a. Stabilitas maximum 233.32 kg pada kadar aspal 11.5%.
  - b. VMA min 21.31 % pada kadar aspal 11.5 % .
  - c. VIM 15.033 % pada kadar aspal 11.5%.
  - d. VFA 54.72% pada kadar aspal 11.5%.
  - e. Flow 6.16 mm pada kadar aspal 11.5%.
  - f. MQ 37.86 kg/mm pada kadar aspal 11.5%.
  - g. Unit weight 1.084 pada kadar aspal 11.5%
2. Dengan nilai stabilitas dibawah 350 Kg, flow sebesar 6.16mm dan MQ dibawah 250 kg/mm maka Hot Mix ini mempunyai flexibilitas tinggi dan kekakuan yang rendah, akibatnya campuran ini mudah mengalami distorsi (ruting, corrugating dan shoving).
3. Dengan nilai VMA min 21,31% > 13% dan VIM 15.03% > 3%-5% berarti campuran ini rentan terhadap penetrasi air dan udara sebagai penyebab utama pelapukan. Disamping itu VIM dan VMA yang besar akan menyebabkan nilai flow yang tinggi.
4. Dengan VFA 54.72% < 82% berarti campuran ini mudah mengalami disintegrasi (raveling dan pothole).

### 5.1.3. Campuran Panas Dengan Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus Variasi Suhu Perendaman.

1. Untuk campuran panas (Hot mix) yg menggunakan cangkang sawit sebagai aggregate kasar dan halus didapatkan data sebagai berikut :
  - a. Stabilitas pada suhu 30°C sebesar 520.46 Kg, pada suhu 40°C sebesar 354.95 Kg, pada suhu 50°C sebesar 297.32 Kg, pada suhu 60°C sebesar 233.52 Kg dan pada suhu 70°C sebesar 191.63 Kg.
  - b. Flow pada suhu 30°C sebesar 5.16mm, pada suhu 40°C sebesar 6mm, pada suhu 50°C sebesar 6.66mm, pada suhu 60°C sebesar 6.167mm dan pada suhu 70°C sebesar 6.933 mm.

- c. MQ pada suhu 30°C sebesar 101.13 Kg/mm, pada suhu 40°C sebesar 59.16 Kg/mm, pada suhu 50°C sebesar 44.96 Kg/mm, pada suhu 60°C sebesar 37.86 Kg/mm dan pada suhu 70°C sebesar 27.63 Kg/mm.
  - d. Nilai stabilitas turun 31.8% dari 30°C ke 40°C.
  - e. Nilai stabilitas turun 16.24% dari 40°C ke 50°C.
  - f. Nilai stabilitas turun 21.46% dari 50°C ke 60°C.
  - g. Nilai stabilitas turun 17.94% dari 60°C ke 70°C.
  - h. Nilai flow naik 16.13% dari 30°C ke 40°C.
  - i. Nilai flow naik 11.11% dari 40°C ke 50°C.
  - j. Nilai flow turun 7.5% dari 50°C ke 60°C.
  - k. Nilai flow naik 12.43% dari 60°C ke 70°C.
  - l. Nilai MQ turun 41.5% dari 30°C ke 40°C.
  - m. Nilai MQ turun 24% dari 40°C ke 50°C.
  - n. Nilai MQ turun 15.72% dari 50°C ke 60°C.
  - o. Nilai MQ turun 27.08% dari 60°C ke 70°C.
- 2 Stabilitas Hotmix Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus **sensitif** terhadap terhadap perubahan suhu. Berarti campuran ini tidak cocok digunakan di daerah bersuhu harian tinggi
  - 3 Nilai flow Hotmix Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus **cukup sensitif** terhadap terhadap perubahan suhu. Berarti campuran ini tidak cocok digunakan di daerah bersuhu harian tinggi
  - 4 Nilai MQ Hotmix Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus **sangat sensitif** terhadap terhadap perubahan suhu. Berarti campuran ini tidak cocok digunakan di daerah bersuhu harian tinggi

#### 5.1.4. Campuran Panas Dengan Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar, Medium dan Halus Variasi Penumbukan.

1. Untuk campuran panas (Hot mix) yang menggunakan cangkang sawit sebagai aggregate kasar dan halus variasi penumbukan didapatkan data sebagai berikut :
  - a. Stabilitas pada tumbukan 35 kali sebesar 215.44 Kg, pada penumbukan 75 kali sebesar 220.85 Kg, dan pada penumbukan 100 kali sebesar 192.53 Kg.



- b. Flow pada tumbukan 35 kali sebesar 8.4mm, pada penumbukan 75 kali sebesar 9.1mm, dan pada penumbukan 100 kali sebesar 9.4mm.
  - c. MQ pada tumbukan 35 kali sebesar 25.8 Kg/mm, pada penumbukan 75 kali sebesar 24.22 Kg/mm, dan pada penumbukan 100 kali sebesar 20.48 Kg/mm.
  - d. VMA pada tumbukan 35 kali sebesar 21.15.%, pada penumbukan 75 kali sebesar 20.71%, dan pada penumbukan 100 kali sebesar 18.07%.
  - e. VIM pada tumbukan 35 kali sebesar 14.86.%, pada penumbukan 75 kali sebesar 14.39%, dan pada penumbukan 100 kali sebesar 11.54%.
  - f. VFA pada tumbukan 35 kali sebesar 56.04.%, pada penumbukan 75 kali sebesar 57.21%, dan pada penumbukan 100 kali sebesar 67.55%.
  - g. Nilai stabilitas naik 8.3% dari 35 tumbukan ke 50 tumbukan.
  - h. Nilai stabilitas turun 5.34% dari 50 tumbukan ke 75 tumbukan.
  - i. Nilai stabilitas turun 12.82% dari 75 tumbukan ke 100 tumbukan.
  - j. Nilai flow turun 26.58% dari 35 tumbukan ke 50 tumbukan.
  - k. Nilai flow naik 47.56% dari 50 tumbukan ke 75 tumbukan.
  - l. Nilai flow naik 3.29% dari 75 tumbukan ke 100 tumbukan.
  - m. Nilai MQ naik 46.74% dari 35 tumbukan ke 50 tumbukan.
  - n. Nilai MQ turun 36.01% dari 50 tumbukan ke 75 tumbukan.
  - o. Nilai MQ turun 15.44% dari 75 tumbukan ke 100 tumbukan.
  - p. Nilai VMA naik 0.728% dari 35 tumbukan ke 50 tumbukan.
  - q. Nilai VMA turun 2.78% dari 50 tumbukan ke 75 tumbukan.
  - r. Nilai VMA turun 12.74% dari 75 tumbukan ke 100 tumbukan.
  - s. Nilai VIM naik 1.118% dari 35 tumbukan ke 50 tumbukan.
  - t. Nilai VIM turun 4.25% dari 50 tumbukan ke 75 tumbukan.
  - u. Nilai VIM turun 19.81% dari 75 tumbukan ke 100 tumbukan
2. Stabilitas dan MQ Hotmix Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus maximum nilainya pada 50 kali penumbukan, untuk penumbukan 75 kali dan 100 kali terjadi penurunan nilai yang berkemungkinan disebabkan pecahnya cangkang.
  3. Flow Hotmix Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus minimum nilainya pada 50 kali penumbukan, untuk penumbukan 75 kali dan 100 kali terjadi penurunan nilai yang berkemungkinan disebabkan

pecahnya cangkang, sedangkan pada 35 kali lebih rendah dikarenakan belum stabilnya interlocking antar agregat cangkang.

4. VIM dan VMA Hotmix Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus maximum nilainya pada 50 kali penumbukan, untuk penumbukan 75 kali dan 100 kali terjadi penurunan nilai yang disebabkan agregat semakin mengisi rongga.
5. Hot mix dengan menggunakan Cangkang sawit sebagai agregat kasar, medium dan halus tidak bisa digunakan untuk beban lalu lintas berat karena akan mengalami penurunan nilai stabilitas dan MQ.

#### 5.1.5. Campuran Panas Dengan Cangkang Sawit Sebagai Agregat Kasar dan Agregat Alam Sungai Kampar Sebagai Agregat Medium dan Halus.

1. Untuk campuran panas (Hot mix) yg menggunakan Variasi I didapatkan data sebagai berikut :
  - a. Stabilitas maximum 612.34 kg pada kadar aspal 7.5%.
  - b. VMA 15.29 % pada kadar aspal 7.5 %.
  - c. VIM 8.32 % pada kadar aspal 7.5%.
  - d. VFA 77.6% pada kadar aspal 7.5%.
  - e. Flow 4.783 mm pada kadar aspal 7.5%.
  - f. MQ 127.79 kg/mm pada kadar aspal 7.5%.
2. Untuk campuran panas (Hot mix) yg menggunakan Variasi II didapatkan data sebagai berikut :
  - a. Stabilitas maximum 462.05 kg pada kadar aspal 8.5%.
  - b. VMA 14.98 % pada kadar aspal 8.5 %.
  - c. VIM 7.661 % pada kadar aspal 8.5%.
  - d. VFA 81.96% pada kadar aspal 8.5%.
  - e. Flow 5.16 mm pada kadar aspal 8.5%.
  - f. MQ 89.57 kg/mm pada kadar aspal 8.5%.
3. Untuk campuran panas (Hot mix) yg menggunakan Variasi III didapatkan data sebagai berikut :
  - a. Stabilitas maximum 465.85 kg pada kadar aspal 9.5%.
  - b. VMA 17.42 % pada kadar aspal 9.5 %.
  - c. VIM 10.23 % pada kadar aspal 9.5%.
  - d. VFA 70.5% pada kadar aspal 9.5%.

- e. Flow 6 mm pada kadar aspal 9.5%.
  - f. MQ 77.87 kg/mm pada kadar aspal 9.5%.
4. Untuk campuran panas (Hot mix) yg menggunakan Variasi IV didapatkan data sebagai berikut :
    - a. Stabilitas maximum 299.42 kg pada kadar aspal 10.5%.
    - b. VMA 17.56 % pada kadar aspal 10.5 %.
    - c. VIM 10.55 % pada kadar aspal 10.5%.
    - d. VFA 70.44% pada kadar aspal 10.5%.
    - e. Flow 5.833 mm pada kadar aspal 10.5%.
    - f. MQ 51.44 kg/mm pada kadar aspal 10.5%
  5. Campuran Variasi I dengan stabilitas diatas 450 kg bisa diterapkan pada lalu lintas sedang walaupun flownya yang 4.78 mm masih diatas 4.5mm dan MQnya dibawah 200 kg/mm.
  6. Campuran Variasi I Dengan nilai VMA 15.29% > 13% dan VIM 8.32% > 3%-5% berarti campuran ini masih kurang kedap terhadap penetrasi air dan udara sebagai penyebab utama pelapukan. Oleh karena itu masih perlu penelitian lanjutan untuk mengamati reduksi nilai parameter marshal terhadap lamanya perendaman.
  7. Reduksi Stabilitas, MQ dan VFA dari variasi I ke Variasi IV disebabkan sifat koagulasi dari cangkang yang di crushing yang mengurangi nilai kohesi aspal dengan agregat dan memperbesar nilai VIM, VMA dan flow sehingga internal friksi melalui mekanisme interlocking jadi berkurang.
  8. Reduksi kekuatan yang signifikan menyimpulkan bahwasanya hanya Variasi I yang mungkin masih layak untuk digunakan.

## 5.2. Saran

1. Campuran Panas (Hot Mix) dengan menggunakan cangkang sawit sebagai agregat kasar dan halus tidak layak digunakan dalam lalu lintas rendah sekalipun karena disamping rendah dari segi kekuatan juga sangat rentan terhadap perubahan suhu dan beban lalu lintas berat.
2. Campuran Panas (Hot Mix) dengan menggunakan cangkang sawit sebagai agregat kasar dan agregat alam sungai kampar sebagai agregat medium dan halus masih layak digunakan untuk lalu lintas sedang, tetapi masih

memerlukan penelitian lanjutan untuk membuktikan dan meningkatkan taraf kelayakannya tersebut seperti :

- a. Mencari gradasi yang lebih rapat dan tepat untuk agregat medium dan halus untuk mengantisipasi bentuk (shape) cangkang cekung yang bisa menambah nilai VMA. Prosedurnya bisa dilakukan dengan coba-coba.
  - b. Selanjutnya hasil gradasi yang tepat tadi dicek pengaruh lama perendaman terhadap nilai parameter marshall untuk memastikan konsistensi aspal dalam mengikat agregat tadi.
  - c. Mencoba variasi penumbukan yang berbeda, misalnya 75 kali dan 100 kali dengan harapan kontribusi agregat alam dalam menahan impact bisa membantu cangkang supaya tidak pecah dan bisa menaikkan nilai stabilitas.
  - d. Mencoba variasi aspal dengan angka penetrasi yang lebih tinggi untuk meningkatkan kekakuan campuran supaya nilai flow bisa lebih dikurangi.
  - e. Melakukan kajian yang lebih dalam untuk menetapkan spesifikasi yang cocok untuk hot mix dengan menggunakan cangkang sawit sebagai agregat kasar dan agregat alam sebagai agregat medium dan halus.
3. Perlu adanya penelitian lanjutan yang membahas nilai ekonomis bagi pihak yang berkepentingan langsung dengan pemberdayaan limbah cangkang sawit setelah kehandalannya dari segi struktur bisa diterima baik itu mungkin sarannya sebagai alternative ATSB, ATB, AC ataupun sebagai lapisan alternative varian baru.