

Kinerja Durabilitas Campuran Aspal *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan Substitusi Cangkang Sawit sebagai Agregat Halus

Lusyana¹, Mukhlis², Syaifullah Alli³, Muhammad Yasin Kharlindo⁴

^{1,2,3,4} Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang, Padang, Indonesia

lusyana1075@gmail.com

Diterima redaksi: 19 April 2021 | Selesai revisi: 23 April 2021 | Diterbitkan *online*: 28 April 2021

ABSTRAK

Limbah cangkang kelapa sawit memberikan peluang alternatif sebagai material penyusun campuran beraspal. Salah satunya sebagai pengganti agregat halus pada campuran *Hot Rolled Sheet Wearing Course* (HRS-WC). HRS-WC atau Lataston Lapis Aus merupakan campuran beraspal panas bergradasi senjang dengan persentase agregat halus yang banyak. Tujuan dari penelitian ini untuk mendapatkan nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) dan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) dari campuran campuran HRS-WC tanpa menggunakan cangkang kelapa sawit dan campuran campuran HRS-WC menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat halus. Penelitian ini melakukan 2 variasi perendaman yaitu perendaman selama 24 jam (standar) dan perendaman selama 48 jam (modifikasi) pada temperatur 60°C. Variasi cangkang sawit yang digunakan pada penelitian ini adalah 2,5%, 5% dan 7,5%, dengan variasi kadar aspal mulai dari 5,0% sampai dengan 8,0%. Berdasarkan parameter volumetrik dan Marshall, nilai KAO untuk masing - masing variasi campuran adalah variasi cangkang sawit 0% didapatkan nilai KAO 7,55%, variasi cangkang sawit 2,5% didapatkan nilai KAO 7,81%, variasi cangkang sawit 5% didapatkan nilai KAO 7,91%, dan variasi cangkang sawit 7,5% didapatkan nilai KAO 8,335%. Campuran HRS-WC dengan variasi cangkang sawit 2,5%, memiliki nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) tertinggi yaitu 94,29% untuk perendaman selama 24 jam dan 93,41% untuk perendaman selama 48 jam, melebihi nilai minimum IKS berdasarkan Spesifikasi Umum Teknis 2018 yaitu 90%. Kinerja cangkang kelapa sawit pada variasi 2,5% memiliki hasil yang lebih baik dibandingkan variasi cangkang kelapa sawit lainnya, sehingga dapat dikatakan cangkang kelapa sawit layak digunakan sebagai substitusi agregat halus khususnya pada campuran HRS-WC.

Kata kunci: HRS-WC, Cangkang Kelapa Sawit, KAO, IKS

ABSTRACT

Palm shell waste provides an alternative as a material for asphalt mixture. Which can be used as a substitute for fine aggregate in the Hot Rolled Sheet Wearing Course (HRS-WC) mixture. HRS-WC is a hot asphalt mixture with gaps with and a large percentage of fine aggregate. The purpose of this study was to calculate the Optimum Asphalt Content (KAO) and the value of Marshall Immersion Residual Strength Index (IKS) from the mixture of HRS-WC without using palm shells and using palm shell as a substitute for fine aggregate. This study conducted 2 variations of immersion, for 24 hours (standard) and 48 hours (modification) at a temperature of 60 ° C. The variations of the palm shells used in this study were 2.5%, 5% and 7.5%, with variations in asphalt content from 5.0% to 8.0%. Based on volumetric and Marshall parameters, variation of 0% palm shell obtained 7.55% KAO value, 2.5% palm shell obtained 7.81% KAO value, 5% palm shell obtained 7.91% KAO value, and 7.5% palm shell obtained KAO value is 8.335%. The HRS-WC mixture with 2.5% palm shell variations had the highest Residual Strength Index value, 94.29% for immersion for 24 hours and 93.41% for 48 hours, exceeding the minimum IKS which is 90%. The performance of palm shells at the 2.5% variation has better results than other variations of palm shells, so it can be said that palm shells are suitable for use as a substitute for fine aggregate, especially in the HRS-WC mixture.

Keywords: HRS-WC,, Oil Palm Shell, Optimum Asphalt Content, Marshall Immersion

1. Pendahuluan

Jalan raya sangat berperan penting dalam menghubungkan setiap daerah-daerah dalam kegiatan perdagangan dan industri. Oleh karena itu jalan raya sebagai sarana perhubungan, harus dapat menyediakan lalu lintas yang lancar dan aman yang memenuhi syarat teknis dan ekonomis sesuai dengan fungsi, volume, dan sifat-sifat lalu lintasnya.

Kebutuhan material nasional untuk berbagai pekerjaan seperti pemeliharaan jalan, pembangunan jalan baru dan mengalami peningkatan yang cukup pesat, dan PT. Sawit Jujuhan Abadi (PT. SJA) sebagai pemasok kelapa sawit dalam negeri mampu menyediakan cangkang sawit yang cukup banyak setiap tahunnya, sehingga untuk pemenuhan kebutuhan material, sebagian dilakukan dengan cara ekspor yang mengakibatkan naiknya devisa Negara.

Pemanfaatan cangkang sawit sebagai bahan perkerasan jalan merupakan salah satu cara untuk menaiki ekspor dari cangkang itu sendiri (sebagai material agregat), sehingga nantinya cangkang sawit tersebut dapat menjadi bahan substitusi agregat halus dalam campuran beraspal panas pada bahan perkerasan jalan. Pada penelitian ini dilakukan substitusi agregat halus dengan menggunakan cangkang sawit pada lolos saringan #4,75 tertahan saringan #2,36.

Pada penelitian ini rumusan masalah adalah berapa nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Marshall yang didapatkan disetiap variasi campuran. Hasil KAO yang didapat dari parameter Marshall dilanjutkan dengan pengujian *Marshall Immersion* untuk mendapatkan Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Hasil dari penelitian ini diharapkan cangkang sawit untuk campuran beraspal HRS-WC dapat dijadikan sebagai alternatif bahan substitusi agregat halus dan dapat meningkatkan kinerja campuran beraspal HRS-WC.

2. Tinjauan Pustaka

Hot Rolled Sheet adalah lapis perkerasan yang dibuat dari campuran panas aspal dengan agregat bergradasi senjang.

Gradasi HRS-WC memiliki kelemahan yaitu mudah menyerap air, mudah getas, mudah terjadi keretakan pada jalan, dan mudah terjadi alur gelombang pada jalan. HRS-WC mudah menyerap air karena pada gradasinya lebih dominan agregat halus. Penambahan cangkang sawit sebagai substitusi agregat halus diharapkan mampu mengurangi penyerapan air yang masuk pada campuran HRS-WC guna untuk mengurangi kerusakan pada campuran tersebut.

3. Metodologi Penelitian

Metode Marshall Immersion digunakan didalam penelitian ini. Marshall Immersion adalah perbandingan antara perendaman marshall 24 jam terhadap perendaman marshall 30 menit. Pada penelitian ini melakukan modifikasi pada perendaman marshall yaitu 48 jam. Marshall Immersion merupakan untuk memeriksa durabilitas atau kerentanan campuran terhadap kerusakan oleh air. Variasi substitusi cangkang sawit 0%, 2,5%, 5%, dan 7,5% yang digunakan dalam penelitian ini. Penelitian dilaksanakan pada laboratorium Material Jalan Jurusan Teknik Sipil, Politeknik Negeri Padang.

Pada penelitian ini dilakukan juga pengujian properties terhadap agregat kasar, agregat halus, aspal serta cangkang sawit. Pengujian marshall dilakukan untuk mengetahui nilai KAO. Dari nilai KAO dibuat benda uji untuk pengujian Marshall Immersion (durabilitas) untuk mendapatkan hasil kuat sisa minimum 90%.

Ketentuan material campuran dalam penelitian ini antara lain:

1. Agregat kasar di dapat dari batu pecah yang tertahan pada saringan 19 mm, saringan 12,5 mm, saringan 9,5 mm dan saringan 4,75 mm.
2. Agregat halus di dapat dari batu pecah yang tertahan pada saringan 2,36 mm,

saringan 1,18 mm, saringan 0,6 mm, saringan 0,3 mm, saringan 0,15 mm, dan saringan 0,075 mm.

3. Filler di dapat dari abu batu yang melewati saringan 0,075 mm.
4. Aspal yang digunakan Aspal Pertamina dengan penetrasi 60/70.
5. Cangkang kelapa sawit sebagai substitus agregat halus di dapat dari cangkang sawit yang pada lolos 4,75 mm dan tertahan pada saringan 2,36 mm.

Pengujian properties material campuran bertujuan untuk menentukan material campuran telah memenuhi persyaratan pada Spesifikasi Teknis Umum divisi 6. Kemudian hasil pengujian properties tersebut digunakan untuk perhitungan campuran..

Penumbukan pada pembuatan benda uji adalah 75 kali tumbukan bolak balik. Baik pada pembuatan benda uji Marshall Konvensional maupun pada pembuatan benda uji Marshall Immersion.

Jumlah benda uji untuk campuran aspal HRS-WC pada penelitian ini dapat dilihat pada Table.1.

Tabel 1. Jumlah benda uji

| Kadar Aspal | HRS WC + Cangkang Sawit (%) | | | |
|-----------------|--------------------------------|-----|-----|-----|
| | 0 | 2,5 | 5 | 7,5 |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5,5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6,5 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 7 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 7,5 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| 8 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 8,5 | | | | 2 |
| Cadangan Sampel | 2 | 2 | 2 | |
| Total Sampel | | | 85 | |
| MI 30 Menit | 2 | | | |
| MI 24 Jam | 2 | 2 | 2 | 2 |
| MI 48 Jam | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Total Sampel MI | | | 18 | |
| Total Sampel | | | 103 | |

4. Analisis dan Pembahasan

4.1 Pengujian Properties

Tabel.2 merupakan hasil pengujian properties agregat. Hasil pengujian menunjukkan properties agregat kasar, halus, dan filler dapat digunakan sebagai material campuran beraspal karena telah memenuhi standar spesifikasi teknis tahun 2018 divisi 6.

Tabel 2. Hasil properties agregat kasar

| No | Karakteristik | Hasil | Spesifikasi |
|----|---|----------------|-------------|
| 1. | Berat Jenis Bulk t/m ³ | 2,533 | 2,5 – 2,7 |
| 2. | Berat Jenis SSD t/m ³ | 2,606 | 2,5 – 2,7 |
| 3. | Berat Jenis Semu t/m ³ | 2,684 | 2,5 – 2,7 |
| 4. | <i>Los Angeles</i> ; % | 27,127 % | Maks 40% |
| 5. | <i>AIV (Aggregate Impact Value)</i> ; % | 13,165 % | Maks 30% |
| 6. | <i>ACV (Aggregate Crushing Value)</i> ; % | 20,617 % | Maks 30% |
| 7. | Kepipihan dan Kelonjongan ; % | 7,2 % & 5,97 % | Maks 10% |
| 8. | Pelapukan Agregat ; % | 3,825% | Maks 12% |

Tabel.3 menunjukkan hasil pengujian properties aspal. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh aspal yang digunakan telah memenuhi standar spesifikasi teknis umum 2018 divisi 6 dan dapat digunakan sebagai material campuran beraspal.

Tabel 3. Hasil Pengujian Aspal

| No | Jenis Pengujian | Hasil |
|----|------------------------------|----------------------------------|
| 1 | Berat Jeni | 1,03 t/m ³ |
| 2 | Penetrasi | 63,85 mm |
| 3 | Daktilitas | 106 ccm |
| 4 | Kelekatan Agregat Pada Aspal | 96% |
| 5 | Titik Lembek | 50 °C |
| 6 | Titik Nyala dan Titik Bakar | 325 °C & 340 °C |
| 7 | Viskositas | 145 & 155 cm ² /detik |
| 8 | Kehilangan Berat | 0,184% |

Tabel.4 menunjukkan hasil pengujian properties cangkang sawit.

Tabel 4. Hasil pengujian cangkang sawit

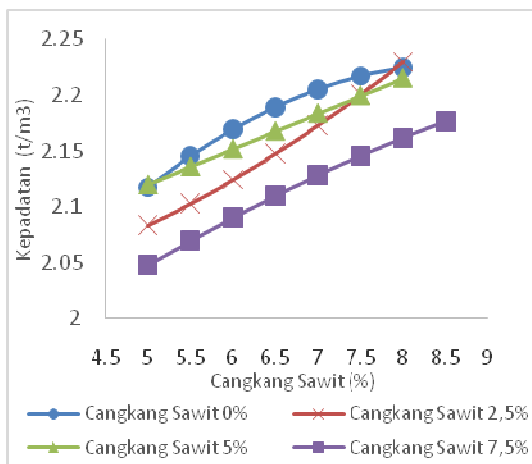
| No | Jenis pengujian | Hasil | Spesifikasi |
|----|----------------------------------|--------|----------------------------------|
| 1. | Berat Jenis | | |
| | a. Bj Bulk | 1,296 | termasuk kedalam agregat ringan) |
| | b. Bj SSD | 1,425 | |
| | c. Bj Semu | 1,5373 | |
| 2. | Los Angeles ; % | 17,23 | Maks 40 |
| 3. | AIV (Agregat Impact Value) ; % | 2,54 | Maks 30 |
| 4. | ACV (Agregat Crushing Value) ; % | 3,625 | Maks 30 |
| 5 | Kelekatan ; % | 96 | Min 95 |

Sumber : Hasil Analisa

4.2 Pengujian Marshall Terhadap Kadar Aspal

4.2.1 Kepadatan

Pada Gambar.1 terlihat kepadatan campuran beraspal naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal.

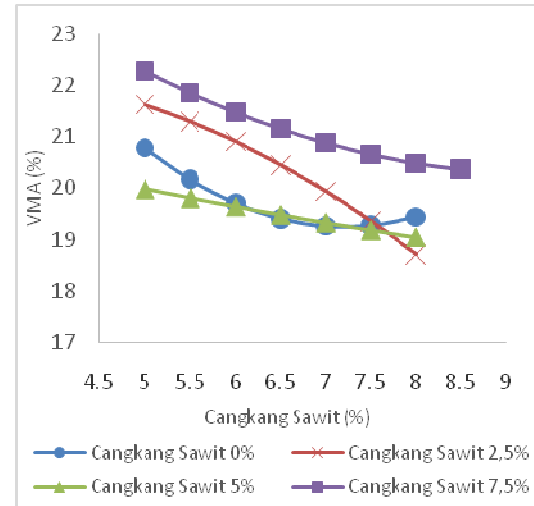


Gambar 1. Kurva Kepadatan Terhadap Kadar Aspal Pada Variasi Cangkang Sawit

Penambahan persentase cangkang kelapa sawit dalam campuran menyebabkan kepadatan campuran cenderung menurun. Ini diakibatkan oleh berat jenis campuran padat bulk yang menurun. Penurunan berat jenis campuran bulk di karenakan meningkatnya

volume campuran dari cangkang kelapa sawit.

4.2.2 Rongga diantara mineral agregat (VMA)



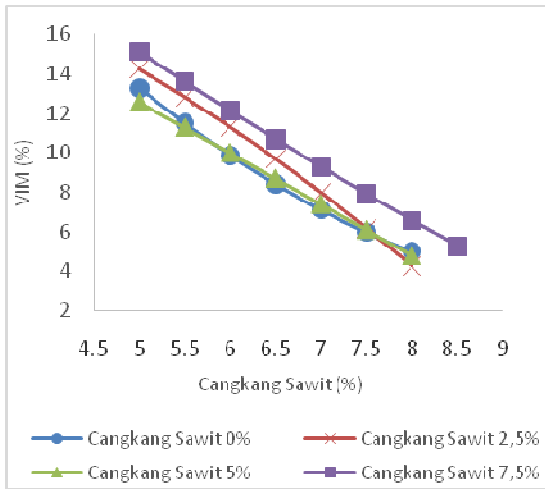
Gambar 2. Kurva VMA Terhadap Kadar Aspal Pada Variasi Cangkang Sawit

Terlihat pada Gambar 2 bahwa seiring peningkatan kadar aspal keempat variasi cangkang sawit memberikan perilaku yang berbeda. Peningkatan kadar aspal nilai VMA untuk keempat variasi memperlihatkan kecenderungan mengalami penurunan, namun pada kadar aspal tertentu nilai VMA mencapai titik minimum dan cenderung akan naik kembali pada penambahan kadar aspal yang lebih banyak. Variasi cangkang sawit 7,5% terlihat memiliki kurva VMA yang lebih tinggi dibanding variasi cangkang sawit yang lainnya pada kadar aspal yang sama, ini menunjukkan persentase cangkang sawit 7,5% memiliki rongga diantara mineral yang lebih besar. Rongga yang besar ini terbentuk karena persentase cangkang sawit 7,5% memiliki penambahan cangkang sawit yang banyak dibanding variasi cangkang sawit lainnya, sehingga tidak bisa mengisi dengan baik celah-celah yang terbentuk diantara agregat kasar. Variasi tanpa cangkang sawit dan cangkang sawit 5% menunjukkan kurva yang hampir sama.

4.2.3 Rongga Dalam Campuran (VIM)

Pada Gambar.3 menunjukkan kenaikan kadar aspal akan mengakibatkan nilai VIM semakin rendah, ini dapat diartikan bahwa campuran tersebut semakin padat. Dengan naiknya kadar

aspal mengakibatkan jumlah aspal yang menyelimuti agregat akan lebih banyak dan jumlah rongga dalam campuran akan sedikit.



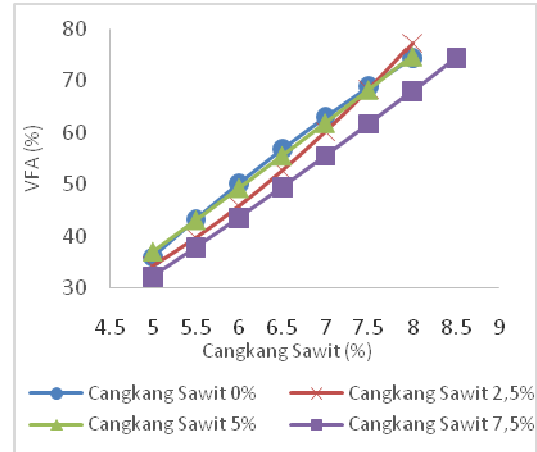
Gambar 3. Kurva VIM Terhadap Kadar Aspal Pada Variasi Cangkang Sawit

Dari gambar 3 dapat dilihat bahwa variasi cangkang sawit 0% yang memiliki kepadatan yang lebih tinggi dibanding variasi cangkang sawit lainnya menunjukkan kurva VIM yang cenderung lebih rendah untuk setiap perubahan kadar aspal. Hal ini menggambarkan bahwa variasi cangkang sawit 0% memiliki nilai VIM yang relatif lebih kecil dibanding variasi cangkang lainnya pada kondisi kadar aspal yang sama. Nilai VIM tertinggi dimiliki oleh variasi cangkang sawit 7,5%, terbukti dari kurva VIM yang lebih tinggi dibandingkan dengan variasi cangkang lainnya. Kenyataan tersebut diperkuat oleh nilai kepadatan variasi cangkang sawit 7,5% yang paling rendah dibanding variasi cangkang lainnya.

4.2.4 Rongga Terisi Aspal (VFA)

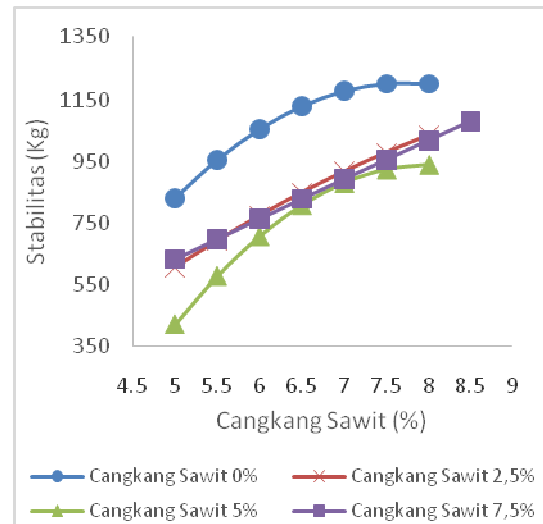
Pada Gambar.4 menunjukkan nilai VFA cenderung naik seiring dengan bertambahnya kadar aspal, namun masing-masing variasi cangkang menunjukkan perilaku yang berbeda. Pada tiap perubahan kadar aspal yang sama, variasi cangkang sawit 7,5% memiliki nilai VFA yang lebih rendah dibanding dengan variasi cangkang lainnya. Variasi cangkang sawit 0% dan 5% menunjukkan kurva VFA yang hampir sama, sedangkan variasi cangkang 0% menunjukkan kurva yang lebih tinggi dibanding variasi cangkang sawit 2,5% dan 5% pada kadar

aspal yang lebih banyak. Nilai VFA sangat dipengaruhi oleh nilai VMA dan VIM. Campuran yang memiliki nilai VIM dan VMA yang lebih kecil, pada kondisi kadar aspal yang sama, umumnya akan memberikan nilai VFA yang cenderung lebih besar.



Gambar 4. Kurva VFA Terhadap Kadar Aspal Pada Variasi Cangkang Sawit

4.2.5 Stabilitas



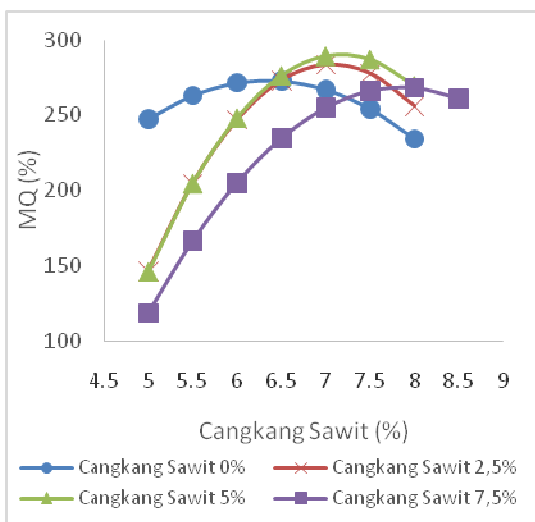
Gambar 5. Kurva Stabilitas Terhadap Kadar Aspal Pada Variasi Cangkang Sawit

Gambar.5 memperlihatkan nilai stabilitas mengalami kenaikan seiring dengan peningkatan kadar aspal. Kenaikan ini sampai mencapai nilai maksimumnya, kemudian pada peningkatan kadar aspal lebih lanjut justru menyebabkan nilai stabilitas cenderung turun.

Nilai stabilitas campuran HRS-WC sangat ditentukan oleh interlocking partikel agregat

didalam campuran. Besarnya *interlocking* ini dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kekasaran permukaan agregat (*surface roughness*) dan luas permukaan agregat. Pada Gambar 5 terlihat bahwa penggunaan penambahan cangkang sawit akan menghasilkan campuran dengan stabilitas yang lebih rendah dibandingkan dengan nilai stabilitas tanpa cangkang sawit. Besarnya penambahan cangkang sawit memberi dampak pada pada kecilnya luas permukaan (*surface area*) yang ada sehingga akan menciptakan efek friksi yang tidak baik antar partikel agregat, selain itu dengan melakukan penambahan cangkang sawit pada campuran juga mampu membuka celah-celah antar agregat sehingga tidak memperkokoh sifat *interlocking*.

4.2.6 Marshall Quotient (MQ)



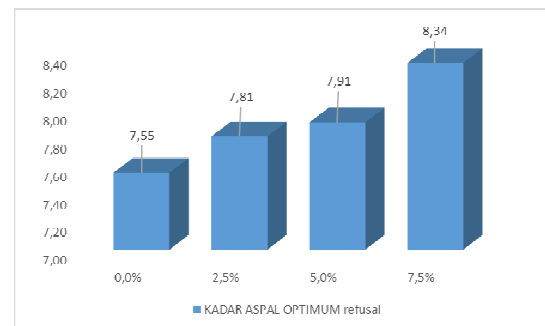
Gambar 6. Kurva MQ Terhadap Kadar Aspal Pada Variasi Cangkang Sawit

Kurva MQ digambar.6 memperlihatkan nilai MQ semua variasi cangkang sawit pada campuran HRS-WC. Pada kurva menunjukkan bahwa variasi cangkang sawit 0% memiliki nilai yang lebih tinggi dari variasi cangkang sawit lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa variasi tanpa cangkang sawit memiliki nilai kekakuan yang lebih tinggi dibanding dari variasi cangkang sawit lainnya. selain itu bentuk kurva variasi tanpa cangkang sawit dengan lengkung parabola terbalik yang kurang dalam dari semua variasi cangkang sawit menunjukkan bahwa nilai kekakuan variasi tanpa cangkang sawit kuat terhadap perubahan aspal. pada

variasi cangkang sawit 5% pada rentang kadar aspal 6,5% - 8% menunjukkan nilai MQ yang lebih tinggi dibanding variasi cangkang yang lain, namun seiring dengan penambahan kadar aspal, nilai MQ cenderung terus menurun. Bentuk kurva variasi cangkang sawit 5% juga menunjukkan bahwa nilai MQ variasi ini sangat rentan terhadap perubahan aspal.

4.2.7 Kadar Aspal Optimum (KAO)

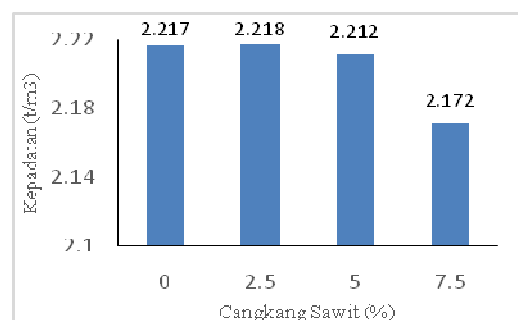
Pengujian laboratorium yang telah dilakukan mendapatkan kadar aspal optimum (KAO) campuran beraspal HRS-WC yang menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai substitusi agregat halus. Pada variasi cangkang sawit 0% didapatkan nilai KAO sebesar 7,55 %; cangkang sawit 2,5% didiapatkan nilai KAO 7,81 %; cangkang sawit 5% didapatkan nilai KAO 7,91%; cangkang sawit 7,5% didapatkan nilai KAO 8,335 %. Perbandingan nilai KAO dapat dilihat juga pada Gambar 7 menyajikan perbandingan dari nilai KAO terhadap substitusi cangkang sawit.



Gambar 7. Nilai Kadar Aspal Optimum (KAO) Terhadap Variasi Cangkang Sawit

4.3 Pengujian Marshall Terhadap KAO

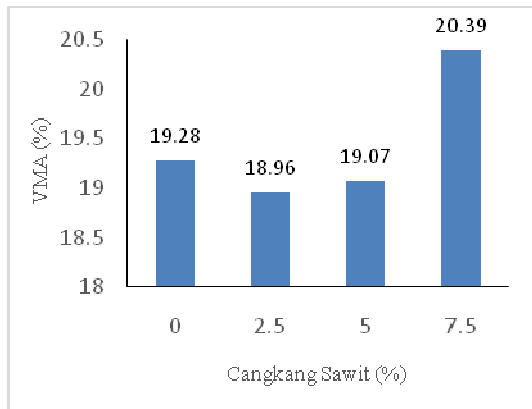
4.3.1 Kepadatan



Gambar 8. Nilai Kepadatan Pada KAO Terhadap Variasi Cangkang Sawit

Nilai kepadatan pada masing-masing variasi cangkang sawit pada KAO menunjukkan kesesuaian dengan hasil kepadatan campuran terhadap perubahan aspal dimana perbandingan nilai kepadatan untuk semua variasi cangkang sawit secara konsisten memberikan perilaku yang berbeda. Variasi cangkang sawit 2,5% memiliki nilai kepadatan yang lebih tinggi pada variasi cangkang sawit lainnya. seiring penambahan cangkang sawit maka nilai kepadatannya menurun. Pada penambahan cangkang sawit 2,5% pada fraksi halus tersebut akan menutup celah-celah diantara fraksi kasar sehingga membentuk struktur campuran yang lebih rapat setelah dipadatkan.

4.3.2 Rongga dalam Mineral Agregat (VMA)



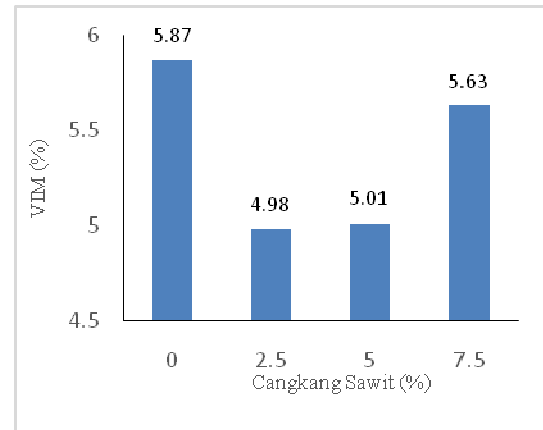
Gambar 9. Nilai VMA Pada KAO Terhadap Variasi Cangkang Sawit

Gambar 9 memperlihatkan perbandingan nilai VMA seluruh variasi cangkang sawit pada KAO, nilai VMA variasi cangkang sawit dari tertinggi sampai yang terendah adalah variasi cangkang sawit 7,5%, 0%, 5%, dan 2,5%.

Nilai VMA sangat dipengaruhi oleh nilai kepadatan campuran. Semakin padat campuran maka akan menghasilkan nilai VMA yang semakin kecil. Hal ini sesuai dengan hasil yang didapat untuk nilai VMA semua campuran pada KAO. Variasi cangkang sawit 2,5% memiliki kepadatan yang paling tinggi dibandingkan variasi cangkang sawit lainnya, sehingga nilai VMA yang didapat yang paling rendah.

4.3.3 Rongga dalam Campuran (VIM)

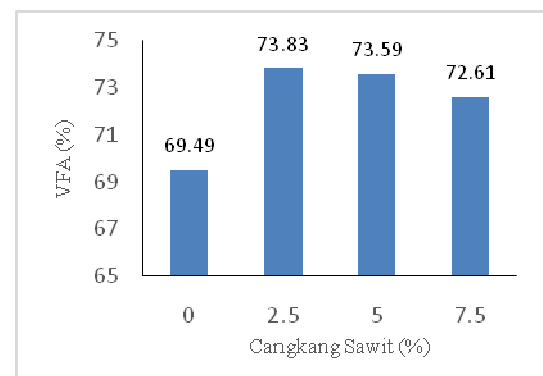
Nilai VIM pada KAO menunjukkan bahwa persentase cangkang sawit 2,5% memiliki nilai VIM yang lebih rendah.



Gambar 10. Nilai VIM Pada KAO Terhadap Variasi Cangkang Sawit

Perilaku yang serupa ditunjukkan pada hasil analisis nilai VIM terhadap perubahan aspal, dimana letak kurva VIM variasi cangkang sawit 2,5% cenderung menurun dibandingkan dengan variasi cangkang lainnya, ini mengartikan nilai VIM variasi cangkang sawit 2,5% akan berperilaku cenderung lebih rendah dari variasi cangkang lainnya. Perilaku demikian ternyata secara konsisten diikuti oleh masing-masing variasi cangkang sawit pada KAO. Perilaku seperti itu sangat mungkin terjadi karena karakteristik variasi cangkang sawit 2,5% yang memiliki gradasi yang lebih rapat dan nilai kepadatan yang tinggi sehingga cangkang bisa menutup rongga pada campuran.

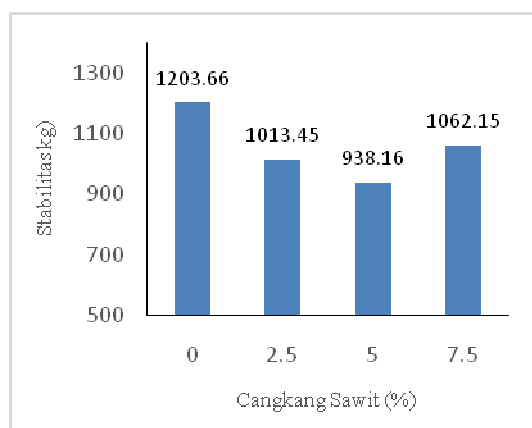
4.3.4 Rongga Terisi Aspal (VFA)



Gambar 11. Nilai VFA pada KAO Terhadap Variasi Cangkang Sawit

Nilai VFA menunjukkan persentase VMA yang terisi oleh aspal. Pada kadar aspal yang berbeda tiap variasi cangkang sawit, semakin besar nilai VMA variasi cangkang maka akan menghasilkan nilai VFA yang semakin kecil. Dapat pula diartikan, pada nilai VMA yang sama, semakin kecil kadar aspal variasi cangkang maka akan menghasilkan nilai VFA yang semakin besar pula. Maksud dari diatas menggambarkan bahwa nilai VFA sangat dipengaruhi oleh nilai VMA dan kadar aspal variasi cangkang sawit seperti pada Gambar 11.

4.3.5 Stabilitas



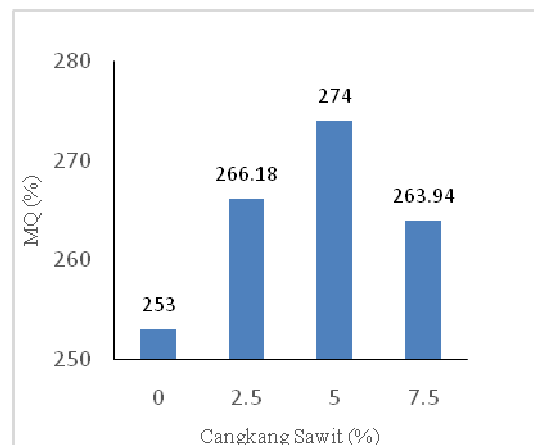
Gambar 12 Nilai Stabilitas Pada KAO Terhadap Variasi Cangkang Sawit

Secara keseluruhan, variasi cangkang sawit yang memberikan nilai stabilitas tertinggi sampai dengan terendah adalah variasi cangkang sawit 0%, 7,5%, 2,5%, 5%. Nilai stabilitas variasi cangkang yang dicapai pada kondisi KAO, ternyata memiliki kesesuaian yang baik dengan nilai stabilitas variasi cangkang ditinjau terhadap setiap perubahan kadar aspal. Nilai stabilitas tertinggi adalah variasi tanpa cangkang sawit (0%) dibandingkan variasi cangkang sawit 2,5%, 5%, dan 7,5%. Faktor penambahan cangkang sawit memberikan pengaruh yang kurang dominan dalam pencapaian nilai stabilitas dibandingkan dengan variasi tanpa cangkang sawit.

4.3.6 Marshall Quotient (MQ)

Dari seluruh variasi cangkang sawit, secara berurutan yang memiliki nilai MQ tertinggi sampai terendah adalah variasi cangkang sawit 5%, 7,5%, 2,5%, dan 0%. Nilai MQ

merupakan indikator nilai kekakuan suatu campuran, nilai MQ yang tinggi menunjukkan tingkat kekakuan yang tinggi pula. Karena nilai MQ merupakan fungsi dari nilai stabilitas dan kelelahan, maka nilai MQ sangat dipengaruhi oleh nilai stabilitas dan kelelahan.

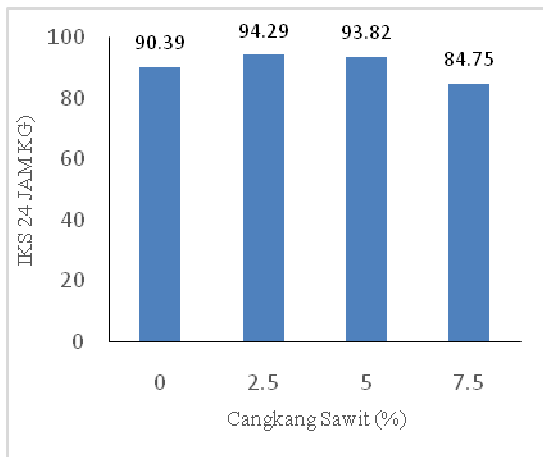


Gambar 13. Nilai MQ Pada KAO Terhadap Variasi Cangkang Sawit

4.4 Pengujian Marshall Immersion

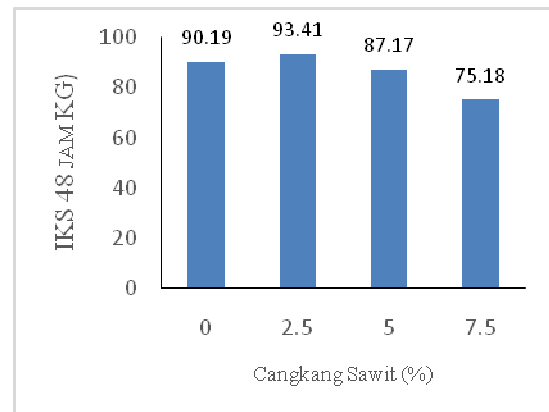
Untuk mengetahui durabilitas campuran beraspal HRS-WC maka dilakukan pengujian *Marshall Immersion*. Kinerja durabilitas campuran diukur dari ketahanannya campuran aspal HRS-WC pada air panas dengan temperatur 60°C selama 30 menit dan 24 jam. Pada penelitian ini memakai 2 variasi yaitu perendaman 24 jam dan 48 jam. Hasil pengujian ini ditunjukkan dengan nilai stabilitas sisa atau indek kekuatan sisa (IKS). IKS menunjukkan perilaku kelekatan antar butir-butir agregat dengan aspal didalam campuran.

Dari pengujian ini didapat 2 (dua) parameter Indeks Kekuatan Sisa 24 jam (IKS 24 jam) dan Indeks Kekuatan Sisa 48 jam (IKS 48 jam) yang ditentukan berdasarkan kurva Marshall Immersion yang dibentuk dari masing-masing variasi cangkang sawit pada setiap periode perendaman



Gambar 14. Nilai IKS 24 Jam Terhadap Variasi Cangkang Sawit

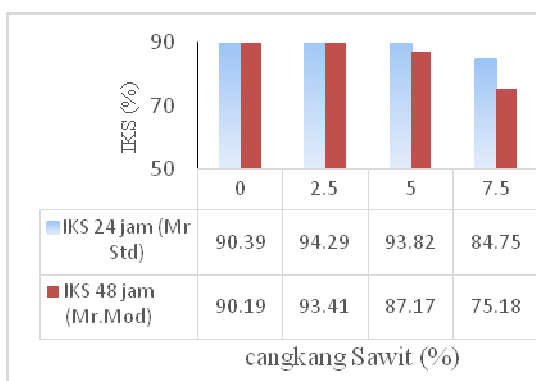
Gambar 14 memperlihatkan bahwa variasi cangkang sawit 2,5% dengan nilai IKS 24 jam yang paling tinggi dibandingkan dengan variasi cangkang sawit lainnya menunjukkan tingkat ketahanan yang paling baik terhadap pengaruh air dan temperatur yang tinggi. Nilai kepadatan dan nilai VIM variasi cangkang sawit 2,5% memberikan hasil yang jauh berbeda dengan variasi cangkang sawit yang lain sehingga diperkirakan akan memberikan perilaku yang relatif tidak sama terhadap pengaruh air dan temperatur suhu yang tinggi. Selain itu variasi cangkang sawit 2,5% memiliki nilai VIM yang lebih rendah, dibandingkan dengan variasi cangkang sawit lainnya. nilai VIM yang rendah akan menyebabkan campuran bersifat tidak porous sehingga akan menyulitkan infiltrasi air kedalam campuran. Kondisi ini dipermudah dengan nilai kepadatan yang yang lebih tinggi, yang makin menyulitkan air meresap kedalam campuran HRS-WC cangkang sawit 2,5%. Semakin berkurang air yang terserap pada campuran, akan makin memperkuat stabilitas campuran akibat semakin bertambahnya kelekatan (adhesifitas) antara aspal dan partikel agregat. Hal ini yang menyebabkan mengapa nilai IKS 24 jam pada variasi cangkang sawit 2,5% lebih tinggi dari variasi cangkang sawit lainnya. begitupun sebaliknya pengaruh nilai IKS 24 jam variasi cangkang 0%, 5%, dan 7,5% dengan variasi cangkang sawit 2,5%.



Gambar 15. Nilai IKS 48 Jam Terhadap Variasi Cangkang Sawit

Pengujian perendaman Marshall 48 jam mampu menggambarkan potensi *Marshall Immersion* (ketahanan terhadap pengaruh air dan temeperatur tinggi) campuran pada periode yang lebih lama. Pada Gambar 15 menunjukkan Indeks Kekuatan Sisa (IKS), terhadap perendaman selama 48 jam hanya variasi cangkang sawit 0% dan 2,5% yang memenuhi nilai IKS minimum 90%. Hal ini menunjukkan bahwa variasi cangkang sawit 0% dan 2,5% memiliki tingkat keawetan yang lebih tinggi dibandingkan dengan persentase cangkang sawit lainnya, sekaligus menunjukkan KAO marshall pada variasi cangkang sawit 0% dan 2,5% memberikan pengaruh yang lebih baik dalam hal keawetan. Pada perendaman 48 jam semua variasi cangkang sawit mengalami kehilangan kekuatan. Terjadinya kehilangan kekuatan pada semua variasi cangkang sawit dapat dijelaskan sebagai berikut : sampai dengan periode perendaman 48 jam jumlah air yang terserap kedalam benda uji kemungkinan telah mengalami peningkatan, temperatur 60°C kemungkinan telah menyebabkan material aspal mengalami pelunakan dalam skala yang lebih besar lagi.

4.5 Perbandingan Indeks Kuat Sisa (IKS) Hasil Pengujian Marshall Immersion



Gambar 16. Perbandingan nilai IKS Pengujian Marshall Immersion pada Variasi Cangkang Sawit

Gambar 16 memperlihatkan perbandingan nilai Indeks Kekuatan Sisa (IKS) untuk seluruh variasi cangkang sawit pada pengujian perendaman 24 jam, berdasarkan pengujian perendaman 24 jam dan Marshall perendaman 48 jam, nilai IKS hasil pengujian perendaman Marshall 48 jam cenderung menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengujian hasil perendaman Marshall Standar. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian perendaman Marshall Modifikasi dengan periode perendaman yang lebih lama ternyata lebih peka terhadap kehilangan kekuatan. Berdasarkan nilai IKS yang dicapai oleh masing-masing variasi cangkang sawit dari pengujian Marshall Immersion yang dilakukan, ditinjau dari penambahan variasi cangkang sawit, variasi cangkang sawit 2,5% menunjukan kinerja Marshall Immersion yang lebih baik dibanding variasi cangkang sawit lainnya.

5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian campuran *Hot Rolled Sheet-Wearing Course* (HRS-WC) dengan menggunakan substitusi cangkang sawit, dapat disimpulkan ;

1. Jumlah cangkang sawit optimum sebagai substitusi agregat halus pada campuran HRS-WC yaitu pada variasi cangkang sawit 2,5%. Pada variasi cangkang sawit 2,5% memiliki nilai kepadatan yang tinggi, memiliki nilai VIM yang rendah, memiliki nilai VMA yang rendah, memiliki nilai VFA yang tinggi, dan memiliki nilai IKS yang tinggi.
2. Hasil pengujian karakteristik Volumetrik dan karakteristik Marshall, didapatkan

KAO (Kadar Aspal Optimum) dari masing-masing variasi cangkang sawit yaitu persentase cangkang sawit 0% memiliki nilai KAO 7,55 %; cangkang sawit 2,5% memiliki nilai KAO 7,81 %; cangkang sawit 5% memiliki nilai KAO 7,91%; cangkang sawit 7,5% memiliki nilai KAO 8,335 %. Dari hasil nilai KAO pada masing-masing variasi cangkang sawit menunjukkan bahwa bahwa semakin besar persentase substitusi cangkang sawit sebagai agregat halus maka akan semakin tinggi nilai KAO (Kadar aspal optimum). Hal ini disebabkan karena semakin tinggi persentase substitusi cangkang sawit sebagai agregat halus maka semakin besar kadar aspal yang diperlukan.

3. Pada pengujian perendaman Marshall Standar (24 jam) dan pengujian Marshall Modifikasi (48 jam), nilai IKS 24 jam dan IKS 48 jam yang paling tinggi dari masing-masing variasi cangkang sawit dicapai oleh variasi cangkang sawit 2,5% dengan nilai IKS 24 jam yaitu 94,29% dan nilai IKS 48 jam yaitu 93,41% menunjukkan tingkat ketahanan yang paling baik terhadap pengaruh air dan temperatur yang tinggi.
4. Nilai IKS hasil pengujian perendaman Marshall Modifikasi cenderung menghasilkan nilai yang lebih kecil dibandingkan dengan hasil pengujian hasil perendaman Marshall Standar. Hal ini menunjukkan bahwa pengujian perendaman Marshall Modifikasi dengan periode perendaman yang lebih lama ternyata lebih peka terhadap kehilangan kekuatan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat diberikan saran sebagai berikut :

1. Perlu penelitian dengan menggunakan jenis campuran yang berbeda seperti *Hot Rolled Sheets-Base* (HRS-Base).
2. Perlu pengujian lebih lanjut dengan menggunakan alat *Modulus Resilient* dan *Wheel Tracking* untuk mengetahui pengaruh cangkang sawit terhadap deformasi permanen yang ditimbulkan akibat beban berulang.
3. Perlu melakukan pengujian lanjutan dengan melakukan pada penambahan variasi cangkang sawit dan perendaman marshall

yang lebih lama dari 48 jam/2 hari seperti 4 hari, 7 hari, 16 hari, dan 30 hari untuk melihat tingkat ketahanan terhadap air lebih baik.

6. Daftar Pustaka

- [1] AY.Kurnia.,et.al,” Pemanfaatan Limbah Cangkang dan Abu Tandan Sawit Terhadap Karakteristik Laston Wearing Course dan Binder Course,” in *Simposium II UNID*,2017,p.5017-5012
- [2] Badan Pusat Statistik Kota Solok.(2017). Luas Tanaman dan Produksi Kelapa Sawit Perkebunan Rakyat di Provinsi Sumatera barat [online].Available: <https://solokkota.bps.go.id/statictable/2018/09/27/572.html>
- [3] Bitumen Handbook, The Shell Bitumen Handbook, Shell Bitumen, U.K, pp. 89 – 239.
- [4] E.Azwar, “Pengaruh Gradasi dan Kadar Aspal Optimum (KAO) Terhadap Kinerja Durabilitas Campuran Laston Lapis Aus-2 (AC-WC),”M.T.tesis.,Bandung., ITB.,2003
- [5] Hardiyatmo, hary c. *Pemeliharaan jalan raya,Edisi 2*, Yogyakarta: Gajah Mada University press, ,2013.
- [6] Lusyana, et.al,”*Palm Shell used as Substitute of Coarse Agregat in Asphlat Concrete Binder Coarse (AC-BC) Mixture Percentage Density Refusal Method*,”in ICo-ASCNITech, Padang 2019.p39
- [7] L.B.Suparma,et.al,”Potensi Penggunaan Limbah Kelapa Sawit Sebagai Agregat Pengisi pada Campuran Hot Rolled Sheet – Base,”J.Transportasi,Vol 14,no.2,Agus2014.p87-96
- [8] Mukhlis.,et.al,” Kinerja Marshall Immersion pada Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Penambahan Cangkang Sawit sebagai Substitusi Agregat Halus,”J.Ilmia.Rek.Vol.15, no.2,p.99-105, Oktober 2018.
- [9] Mukhlis , et.al,”Analisis Kinerja Indeks Kekuatan Sisa (IKS) Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) dengan Cangkang Sawit Sebagai Substitusi Agregat Halus,”J.Fondasi,Vol.8,no.1,p.70-76, April 2019.
- [10] Putri, “Pengunaan Limbah Cangkang Kelapa Sawit (CKS) Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal HRS-WC,”S.T.skripsi.,Padang.,Unand.,2014.
- [11] S. Silvia, *Perkerasan Lentur Jalan Raya, edisi 1*, NOVA, Bandung,2013
- [12] S.Silvia, *Beton Aspal Campuran Panas, edisi 1*, Granit.,Jakarta,2003.
- [13] Spesifikasi Umum 2018 Untuk PekerjaanKonstruksi Jalan dan Jembatan Edisi 2018, Kementrian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Direktorat Jendral Bina Marga, Jakarta, Indonesia,pp 6-37-6-42.