



## Tinjauan Nilai Paramater Marshall dan Kehilangan Berat Substitusi Filler Limbah Cangkang Kemiri Terhadap Nilai Kadar Aspal Optimal pada Campuran Aspal AC-WC

Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus

<sup>1,2</sup>Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Fajar

Email Penulis [andiibrahimjunus@yahoo.com](mailto:andiibrahimjunus@yahoo.com)

---

**Keyword:**

waste;  
filler;  
asphalt.

**Kata Kunci:**

limbah;  
filler;  
aspal.

**Abstract:** *The research objective was to review the Marshall Paramater value and weight loss value of an AC-WC (Asphalt Concrete-Wearing Course) pavement mixture using candlenut shells ash as a substitute for filler material with a mixture percentage variation of 10%, 20%, and 30% of stone ash. the research object was rice husk ash. the research method was laboratory research, namely quantitative experimental method. The result of the research is that candlenut shells ash can be used in AC-WC pavement mixture, where the marshall paramater value and weight loss value using candlenut shells ash meet the requirements of Bina Marga General Specifications 2018 Revision 2.*

**Abstrak:** Tujuan penelitian yaitu untuk meninjau nilai Paramater Marshall dan nilai kehilangan berat suatu campuran perkerasan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) menggunakan abu cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 10%, 20%, dan 30% terhadap abu batu. objek penelitian berupa abu cangkang kemiri. Metode penelitian berupa penelitian laboratorium yaitu metode eksperimen kuantitatif. Hasil penelitian yaitu abu cangkang kemiri dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC, di mana nilai paramater marshall dan nilai kehilangan berat menggunakan abu cangkang kemiri memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

---

**Informasi Artikel:** Diterima: 11-10-2024, Disetujui: 02-12-2024, Dipublikasikan: 18-12-2024

---

### PENDAHULUAN

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan pembuatan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan fleksibel (Alif Lam Ra Sugeha, dkk.).

Aspal akan meningkatkan sifat tahan terhadap panasnya karena tercampur dengan filler (Dormon 1953). Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan (*filler added*) minimal 1% dan maksimal 2% dari berat total agregat (Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. 2010).

Filler yang biasa disebut juga bahan pengisi dapat diperoleh dari hasil pemecahan batuan secara alami maupun buatan. Filler yang umum digunakan adalah jenis filler abu (debu)

batu. Mengingat sangat langka keberadaan bahan abu batu, untuk itu sebagai pengganti abu batu dipilih bahan alternatif, dengan memakai cangkang kemiri mengandung silika ini dapat menimbulkan timbunan sampah jika tidak ditangani secara memadai (Ahmad Uwwes Al Qurny, dkk., 2022).

Konstruksi jalan mampu menopang beban kendaraan yang lewat dan mendistribusikan beban pada lapisan di bawahnya, termasuk landasan jalan tanpa menimbulkan kerusakan berarti pada struktur jalan itu sendiri (Andi Ibrahim Yunus, dkk., 1: 2023).

Beton aspal merupakan salah satu jenis dari lapis perkerasan konstruksi perkerasan lentur. Campuran beton aspal tersebut terdiri atas agregat kasar, agregat halus, filler dan menggunakan aspal sebagai bahan pengikat (Hamirhan Saodang, 2005).

*Asphalt Concrete (AC)* atau biasa yang dikenal dengan Laston (Lapis Aspal Beton) adalah lapis permukaan yang terdiri atas laston sebagai lapisan aus perkerasan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) setebal 4 cm, laston sebagai lapisan antara perkerasan AC-BC (*Asphalt Concrete-Bearing Course*) dengan setebal 5 cm, dan laston sebagai lapisan pondasi perkerasan AC-Base (*Asphalt Concrete- Base*) setebal 6 cm. Laston terbuat dari agregat yang bergradasi kasar dengan dominasi pasir dan aspal keras yang dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu (Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. 2010).

Penggunaan Laston perkerasan AC-WC, yaitu untuk lapis permukaan paling atas dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang. Hal tersebut menyebabkan campuran perkerasan AC-WC lebih peka terhadap variasi dalam proporsi campuran (Ahmad Uwwes Al Qurny, dkk., 2022).

Pengembangan teknologi perkerasan aspal untuk memperoleh perkerasan yang awet, murah dan ramah lingkungan termasuk di Indonesia, yang tentunya meminimalisir adanya perusakan alam dengan menggunakan bahan limbah untuk perkerasan jalan yang baru sudah banyak dilakukan. Salah satu bahan limbah yang akan dicoba untuk mengganti agregat baru pada penelitian ini yaitu cangkang kemiri (Galih Wulandari Subagyo).

Penulis melakukan inovasi pemanfaatan cangkang kemiri sebagai filler dalam campuran perkerasan AC (*Asphalt Concrete*) guna peningkatan nilai stabilitasnya, dan durabilitas,

sekaligus salah satu langkah kongkrit sebagai penanganan pengurangan limbah dengan peningkatan nilai fungsinya (Alif Lam Ra Sugeha, dkk.).

Pemanfaatan cangkang kemiri mengandung unsur Silika (Si) sebagai alternatif substitusi atau pengganti filler abu batu pada campuran perkerasan AC-WC diharapkan dapat meningkatkan kinerja campuran perkerasan aspal sehingga dapat mengurangi limbah yang ada dan sekaligus ramah terhadap lingkungan.

Center for Forestry and Forest Standards, 2020 menyatakan bahwa mengintegrasikan teknologi hijau ke dalam aplikasi yang menggunakan bahan baku ecogreen dapat mengurangi polusi.

Tujuan dilakukannya penelitian dengan mengganti bahan pengisi (filler) abu batu dengan menggunakan bahan limbah cangkang kemiri, untuk mengetahui nilai karakteristik marshall dan nilai cantabro pada campuran perkerasan AC-WC.

Dengan adanya penelitian ini diharapkan menambah wawasan mengenai penggunaan jerami dan cangkang kemiri padi sebagai bahan substitusi atau pengganti filler pada abu batu pada campuran perkerasan AC-WC. Penelitian ini juga diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang konstruksi, khususnya konstruksi pekerasan jalan.

Adapun hasil penelitian berdasarkan pengujian Marshall dan Cantabro diperoleh nilai Paramater Marshall dan nilai kehilangan berat dari variasi kadar persentase campuran cangkang kemiri sebesar 10%, 20%, dan 30%, telah memenuhi persyaratan Spesifikasi Bina Marga untuk digunakan sebagai bahan substitusi filler terhadap campuran perkerasan AC-WC.

Adapun saran bagi penelti, sebaiknya dilakukan penelitian lanjutan dengan menggunakan berbagai macam jenis dan variasi obyek penelitian berdasarkan variasi kadar persentase campuran dan metode penelitian yang berbeda.

### **Perkerasan Jalan**

Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan pengikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas. Agregat yang dipakai adalah batu pecah atau batu belah atau batu kali ataupun bahan lainnya. Bahan ikat yang dipakai adalah aspal, semen ataupun tanah liat (Wikipedia Bahasa Indonesia, Ensiklopedia Bebas; 2023).

### **Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)**

Perkerasan lentur adalah perkerasan jalan yang menggunakan material aspal. Perkerasan ini umumnya digunakan pada konstruksi jalan raya perkotaan yang lalu lintas kendaraannya

padat. Material pekerasan ini terdiri dari material pasir, batu dan aspal (Andi Ibrahim Yunus, dkk., 114: 2024).



Gambar 1.  
Sampel Campuran Perkerasan Aspal  
Sumber: Google

### **Agregat**

Agregat merupakan bahan utama untuk struktur jalan, adalah sekumpulan butir-butir batu pecah dan pasir atau mineral yang lain, baik hasil dari alam maupun buatan. Lapis perkerasan mengandung 90-95% agregat berdasarkan persen berat campuran atau 75-85% agregat berdasarkan persen volume campuran. Agregat yang digunakan harus dalam keadaan bersih dari kotoran, bahan-bahan organik atau bahan lain yang tidak dikehendaki karena akan mengurangi kinerja campuran (Hary Christady Hardiyatmo, 2011).

### **Aspal**

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, dan bersifat termoplastis. Jadi, aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Silvia Sukirman, 2003).

### **Cangkang**

Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), cangkang adalah kulit keras yang menutupi badan.



Gambar 2.  
Cangkang Kemiri dan Abu Cangkang Kemiri  
Sumber: Google

Cangkang merupakan limbah padat hasil pemisahan dari inti. Cangkang memiliki struktur yang keras dan mengandung zat kersik ( $\text{SiO}_2$ ). Silika dioksida ini mampu meningkatkan kekuatan dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan campuran beraspal. Oleh karena itu cangkang berpotensi dijadikan bahan pengganti sebagian agregat halus (Siregar, 2008).

### **Silika**

Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia), silika adalah bagian terbesar dari pasir dan batu pasir. Silika, atau *Silikon Dioksida* ( $\text{SiO}_2$ ), sering dianggap sebagai silikat, walaupun senyawa ini tidak bermuatan negatif dan tidak memerlukan ion pasangan. Silika ditemukan di alam dalam bentuk mineral kuarsa (Wikipedia Bahasa Indonesia, Ensiklopedia Bebas; 2024).

### **Filler**

*Filler Fraction* (FF) atau bahan pengisi untuk campuran aspal adalah bahan mineral non plastis, kering, dan bebas dari gumpalan- gumpalan serta bila diuji dengan pengayakan basah harus mengandung bahan yang lolos saringan no. 200 dan berfungsi untuk mengisi rongga-rongga antar butiran agregat (Risky Aynin Hamzah, dkk., 2016).

### **Beton Aspal (AC)**

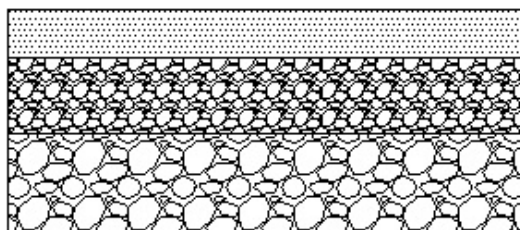
Beton aspal adalah teknologi pelapisan aspal dengan cara mencampur terlebih dahulu agregat dengan aspal pada temperatur panas, kemudian baru digelar dalam kondisi panas atau dingin dan dipadatkan hingga mencapai kepadatan tertentu. Bila pemadatan telah selesai dan suhu permukaan telah berada di bawah suhu  $60\text{ }^\circ\text{C}$ , baru boleh dibuka untuk lalu lintas umum. Dibandingkan dengan jenis konstruksi sebelumnya, beton aspal mempunyai banyak keuntungan, antara lain pelaksanaan pekerjaan akan lebih cepat, kepadatan lapisan mudah tercapai, aspal akan meningkat sifat tahan terhadap panasnya karena tercampur dengan filler (Ir. Soehartono, 2015).

### **Laston (Lapis Aspal Beton) AC**

Menurut Bina Marga (2018), lapisan lapis aspal beton-lapis aus, AC-WC merupakan salah satu dari tiga lapisan di dalam Laston (Lapis Aspal Beton) (Muhammad Ichsan, 2020).

Menurut Bina Marga Tahun 2010 Divisi 6 Revisi 3 untuk campuran beton aspal terdiri atas agregat bergradasi menerus dan aspal keras, yang dicampur, dihamparkan, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada temperatur tertentu. Temperatur pencampuran ditentukan berdasarkan jenis dan karakteristik aspal yang digunakan. Sedangkan yang dimaksud gradasi menerus adalah komposisi yang menunjukkan pembagian butir yang

merata mulai dari ukuran yang terbesar sampai dengan ukuran yang terkecil (Rindu Twidi Bethary, 2018).



Konstruksi Lapisan Pondasi Atas (Base)

Lapisan Pengikat (Binder Course)

Lapisan Permukaan (Wearing Course)

Gambar 3.

Konstruksi Perkerasan Laston (Lapis Aspal Beton)

Sumber: Google, 2024

Berikut merupakan persyaratan laston dalam lapis perkerasan yang dapat dilihat pada Tabel 1. yang dikeluarkan oleh Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga Tahun 2010 Revisi III.

Tabel 1. Ketentuan Sifat-Sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-sifat Campuran	Laston			
		Lapis Aus	Lapis Antara	Pondasi
Jumlah Tubukan per bidang		75		112
Rasio Partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif	Min.	1,0		
	Maks.	1,4		
Rongga Dalam Campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga Dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga Terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall	Min.	800		1800
	Min.	2		3
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Sumber: Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum, 2010.

### Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2

Surat Edaran Direktur Jenderal Bina Marga Nomor 16.1/SE/Db/2020 tentang Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 untuk Pekerjaan Konstruksi Jalan dan Jembatan (Revisi 2) tanggal 27 Oktober 2020 (Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus, 2024).

Spesifikasi Revisi 2 ini memuat ketentuan teknis pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan berdasarkan Permen PUPR No 21/PRT/M/2019 tentang Pedoman Sistem Manajemen Keselamatan Konstruksi, Permen PUPR No 14/2020 tentang Standar dan

Pedoman Pengadaan Jasa Konstruksi Melalui Penyedia, dan SE DJBM No 02/BM/2017 tentang Manual Desain Perkerasan (Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus, 2024).

Spesifikasi ini diperuntukkan untuk pelaksanaan pekerjaan jalan dan jembatan yang tidak termasuk jalan bebas hambatan dan jalan tol (Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus, 2024).

### **Parameter Marshall**

Metode Marshall ini bertujuan untuk mengetahui Parameter dari suatu perkerasan lentur. Metode Marshall ini terdiri dari Uji Marshall dan Parameter Marshall yaitu Stabilitas, flow (Kelelahan), MQ (*Marshall Quotient*), VIM (*Void In Mix*), VMA (*Void in the Mineral Aggregate*), dan VFB (*Void Filled with Bitumen*).

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras dalam menahan beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk yang permanen, dinyatakan dalam kg.

Flow atau kelelahan merupakan besarnya penurunan atau deformasi yang terjadi pada lapis aspal beton akibat menahan beban yang bekerja di atasnya.

MQ adalah nilai pendekatan yang hampir menunjukkan nilai kekakuan suatu campuran beraspal dalam menerima beban. Nilai MQ diperoleh dari perbandingan antara nilai stabilitas yang telah dikoreksi terhadap nilai kelelahan (*flow*), dan dinyatakan dalam satuan kg/mm atau kN/mm.

VIM merupakan rongga udara dalam campuran yang terjadi perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara di antara partikel agregat yang terselimuti aspal. VIM diperoleh dari perbandingan berat jenis bulk dengan berat jenis maksimum campuran.

VMA atau rongga diantara agregat adalah volume/ ruang rongga udara diantara butir-butir/ partikel agregat dalam campuran beraspal pada suatu perkerasan dalam kondisi padat, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat), dinyatakan dalam persentase.

VFB adalah rongga dalam benda uji yang terisi aspal (dalam %). Menunjukkan besarnya deformasi yang terjadi pada suatu lapis perkerasan akibat menahan beban. Menunjukkan kemampuan lapis perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa adanya perubahan bentuk seperti bleeding (Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus, 2024).

### **Pengujian Marshall**

Pengujian Marshall adalah metode pengujian laboratorium untuk bahan dasar perkerasan yang meliputi pengujian Parameter campuran dan perencanaan kadar aspal

optimum. Pengujian ini menghasilkan sejumlah data Marshall properties dan terdiri dari stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFB.



Gambar 4.  
Alat Uji Aspal/ Marshall Test  
Sumber: Google, 2024

Pengujian Marshall dilakukan untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk (Zulharnah dan Andi IbrahimYunus, 2024).

### **Cantabro**

Cantabro adalah pengujian yang bertujuan untuk menganalisis ketahanan campuran aspal terhadap disintegrasi dengan menggunakan Alat Los Angeles. (Djoko Sarwono, F. Pungky Pramesti, Hegar Lasardi Kurniawan, 2018).



Gambar 5.  
Alat Los Angeles  
Sumber: Google, 2024

Pengujian dilakukan dengan memasukkan benda uji pada mesin Los Angeles tanpa bola baja, kemudian menjalankan mesin dengan kecepatan (30-33) rpm hingga 300 putaran.

Berdasarkan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 persentase nilai kehilangan berat berat maksimal 20% (Zulharnah dan Andi IbrahimYunus, 2024).

### **Penelitian Terdahulu**

Berdasarkan penelitian Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus (2024) berjudul Tinjauan Nilai Paramater Marshall dan Kehilangan Berat Campuran Perkerasan AC-WC Menggunakan Spesifikasi Bina Marga dengan Memanfaatkan Abu Sekam Padi, diperoleh hasil pengujian Marshall dan Cantabro diperoleh nilai Paramater marshall dan nilai kehilangan berat menggunakan abu sekam padi sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 25%, 50%, dan 75% terhadap abu batu memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2, sehingga abu sekam padi dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC.

Berdasarkan penelitian Enícha Apriana Damanik (2022) berjudul Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan AC-WC dengan Pengujian Marshall, diperoleh hasil Variasi kadar bahan tambah filler abu cangkang kerang lokan mempengaruhi nilai Paramater marshall dan nilai Paramater marshall yang menggunakan bahan tambah filler abu cangkang kerang pada lapisan AC-WC yang memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018.

Berdasarkan penelitian Enícha Apriana Damanik (2022) berjudul Pengaruh Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/AC-WC), diperoleh hasil campuran aspal dengan penambahan bahan pengisi yang berupa abu batu bara dilihat dari keseluruhan nilai karakteristik marshall nilainya rata-rata berada di atas nilai dari karakteristik marshall campuran aspal normal, sehingga abu batu bara ini dapat dijadikan sebagai bahan pengisi untuk campuran Laston Lapis Aus, persentase abu batu bara yang baik digunakan adalah 2% (dilihat dari karakteristik marshall), campuran aspal dengan ditambahkannya abu batu bara ini dapat digunakan untuk jalan-jalan yang LHR-nya tinggi/jalan dengan kendaraan berat dan didapatkan KAO untuk campuran aspal normal (6,65%), untuk campuran aspal dengan penambahan abu batu bara 1% (6,90%); 1,5% (6,90%); dan 2% (6,95%).

Berdasarkan penelitian Laurensius M. Da Gomez dan Wita Meutia (2021) berjudul Penggunaan Filler Abu Serbuk Kayu Kelapa Pada Aspal Beton AC-WC, diperoleh hasil Penggunaan filler dengan komposisi 50% menghasilkan kinerja campuran aspal yang paling

baik jika dibandingkan dengan perbandingan campuran filler serbuk kayu kelapa dengan komposisi 8% (abu serbuk kayu kelapa): 20% (semen).

Berdasarkan penelitian Rahmi Afifi, Alfian Malik, dan Gunawan Wibisono (2018) berjudul Pengaruh Penggantian Bahan Pengisi Semen dengan Kombinasi Abu Bata Dan Abu Sekam Padi Pada Campuran Aspal AC-WC, diperoleh hasil pengaruh penggunaan kombinasi abu bata dan abu sekam padi sebagai pengganti filler semen terhadap nilai Parameter Marshall pada campuran AC-WC, yaitu: variasi filler 50:50 memiliki Parameter perkerasan yang bersifat kuat namun tidak terlalu getas serta memiliki lebih banyak rongga sehingga kurang kedap terhadap air dan variasi filler 0:100 memiliki Parameter perkerasan yang bersifat kuat dan getas sehingga dapat memikul beban lalu lintas yang lebih berat tetapi berdampak pada permukaan jalan yang lebih mudah retak dan tidak tahan terhadap cuaca ekstrem. Serta memiliki tingkat kerapatan yang baik sehingga lebih kedap terhadap air.

Berdasarkan penelitian Risky Aynin Hamzah dan Oscar H. Kaseke, Mecky M. Manoppo (2016) berjudul Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang, diperoleh hasil variasi kandungan Bahan Pengisi sangat berpengaruh terhadap besaran kriteria Marshall campuran dan yang paling menentukan adalah nilai VIM yang membatasi kandungan Bahan Pengisi terendah dan tertinggi.

Berdasarkan penelitian Putri Rahma Witri, Khadavi, dan Veronika berjudul Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-WC, diperoleh pengaruh penambahan filler abu sekam padi pada campuran AC-WC dapat meningkatkan nilai stabilitas hingga kadar filler abu sekam padi 75% hal ini dikarenakan filler sudah mencapai batas optimum.

## **METODE PENELITIAN**

### **Desain Penelitian**

Adapun rancangan penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai pedoman dalam melakukan proses penelitian yaitu desain penelitian eksperimental.

### **Metode Penelitian**

Metode penelitian berupa Penelitian laboratorium yaitu metode eksperimen kuantitatif.

Pengumpulan data pada penelitian ini dilakukan dengan cara percobaan yang dilakukan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Fajar. Sebelum masuk dalam uji

campuran maka dilakukan pengujian propestis dari masing-masing material, apabila pengujian material sudah sesuai oleh spesifikasi Bina Marga Tahun 2010 Divisi 6 (Revisi 3) maka dilakukan pengujian marshall, rendaman marshall dan kepadatan mutlak untuk mendapatkan kadar aspal optimum (KAO).

### **Subjek/Objek/Sampel Penelitian**

Subyek penelitian berupa nilai Paramater marshall dan kehilangan berat dan objek penelitian berupa abu cangkang kemiri sedangkan sampel penelitian berupa campuran perkerasan AC-WC.

### **Definisi Operasional**

Paramater Marshall berupa stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFB. Kehilangan Berat suatu benda uji setelah dilakukan Uji Abrasi Los Angeles. Campuran perkerasan AC-WC adalah salah satu lapisan permukaan pada konstruksi perkerasan lentur jalan raya. Spesifikasi Bina Marga ini memuat ketentuan teknis pekerjaan konstruksi jalan dan jembatan. Abu cangkang kemiri adalah limbah yang tidak dipergunakan lagi yang merupakan hasil dari pembakaran cangkang.

### **Variabel Pengukuran**

Variabel Pengukuran terdiri dari stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFB.

### **Teknik/Instrumen Pengumpulan Data**

Pengumpulan data dilakukan melalui pemeriksaan terhadap sifat- sifat fisik agregat kasar, agregat halus, filler (cangkang kemiri) dan pengujian aspal. Pengujian ini meliputi pengujian gradasi saringan, berat jenis, dan penyerapan agregat, kelekatan agregat terhadap aspal, dan keausan agregat dengan menggunakan Mesin Los Angeles. Pengujian aspal meliputi pengujian berat jenis, penetrasi. Pengujian tersebut merujuk pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.

### **Analisis Data**

Pada penelitian ini analisis data yang diperoleh dari hasil pengujian disajikan dalam bentuk table, gambar dan grafik yang kemudian akan dianalisa.

### **Pengujian Hipotesis**

Campuran panas aspal-agregat dalam penelitian ini adalah laston campuran perkerasan AC-WC yang merupakan campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu yang dicampur dalam keadaan panas. Agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan bahan pengisi (filler). Dalam penelitian ini akan ditinjau nilai Paramater marshall dan

nilai kehilangan berat suatu campuran perkerasan AC-WC menggunakan abu cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 25%, 50%, dan 75% terhadap abu batu.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Uji Sifat Fisik Agregat

Sesuai dengan hasil pada pengujian Parameter fisik agregat yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi syarat dalam pengujian mutu agregat secara menyeluruh. Proses pengujian telah dilakukan di Laboratorium Teknik Sipil Fakultas Teknik, Universitas Fajar.

### Sifat Fisik Agregat Kasar

Agregat kasar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agregat yang berasal dari sawah yang terletak di Kecamatan Towuti, Kabupaten Luwu Timur. Hasil Pengujian dari sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai dengan metode pengujian SNI (Standar Nasional Indonesia). Berikut ini terlihat hasil pengujian pada Table 1.

Tabel 2. Sifat-Sifat Fisik Agregat Kasar.

No	Nama Pengujian	Persyaratan (Spesifikasi Bina Marga)	Hasil Pengujian	Keterangan
1	Penyerapan air (%)	Maksimal 3	1.63	Memenuhi
2	Berat Jenis Spesifikasi (%)			
	a. Berat Jenis Bulk	Maksimal 3	2.75	Memenuhi
	b. Berat Jenis SSD	Maksimal 3	2.8	Memenuhi
	c. Berat Jenis Semu	Maksimal 3	2.88	Memenuhi
3	Keausan (%)	Maksimal 40	30.28	Memenuhi
4	Indeks Kepipihan	Maksimal 30	24.8	Memenuhi

Sumber: Fatly Emba Tau, 2024

Dari Tabel 1 di atas menjelaskan bahwa hasil dari pengujian agregat kasar berupa batu pecah (chipping) memenuhi spesifikasi umum Direktorat Jendral Bina Marga sehingga dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC.

### Sifat Fisik Agregat Halus

Agregat halus yang digunakan dalam penelitian ini yaitu agregat yang lolos pada ayakan no. 8, 16, 30, 50, 100, dan tertahan di saringan no 200, yang berasal dari Stone Crusher yang berada di Jalan Malino, Kecamatan Bontomarannu, Kabupaten Gowa. Hasil pengujian dari sifat fisik agregat kasar dilakukan sesuai dengan metode pengujian dari SNI (Standar Nasional Indonesia). Berikut ini terlihat hasil pengujian pada Table 2.

Tabel 3. Sifat-Sifat Fisik Agregat Halus.

No	Nama Pengujian	Persyaratan (Spesifikasi Bina Marga)	Hasil Pengujian	Keterangan
----	----------------	--------------------------------------	-----------------	------------

1	Penyerapan air (%)	Maksimal 3	1.22	Memenuhi
2	Berat Jenis Spesifikasi (%)			
	a. Berat Jeenis Bulk	Maksimal 3	2.58	Memenuhi
	b. Berat Jenis SSD	Maksimal 3	2.61	Memenuhi
	c. Berat Jenis Semu	Maksimal 3	2.67	Memenuhi
3	Persen Lumpur (%)	Maksimal 5	1.5	Memenuhi

Sumber: Fatly Emba Tau, 2024

Dari Tabel 2 di atas menjelaskan bahwa hasil dari pengujian agregat kasar berupa pasir memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 sehingga dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC.

### Pengujian KAO (Kadar Aspal Optimal)

Pengujian KAO dilaksanakan dengan tujuan untuk mencapai kadar aspal yang digunakan memenuhi standar kinerja keseluruhan dan kadar aspal yang memberikan stabilitas tetinggi. Variasi nilai kadar aspal optimal yang digunakan yaitu: 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.

### Pengujian Marshall

Dari proses pengujian Marshall diperoleh nilai variasi kadar aspal (%) terhadap Paramater campuran perkerasan AC-WC berupa stabilitas, *flow*, MQ, VIM, VMA, dan VFB menggunakan Spesifikasi Bina Marga terlihat pada Tabel 3 di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Pengujian Alat Marshall.

Paramater Campuran Beraspal	Variasi Kadar Aspal (%)				
	5	5,5	6	6,5	7
VIM	4,66	4,96	7,79	10,64	12,62
VMA	14,47	15,66	19,04	22,39	24,93
VFB	67,78	68,30	59,16	52,52	49,37
STABILITAS	965,81	961,28	660,67	535,87	977,68
FLOW	3,15	3,10	2,27	2,13	2,89
MQ	306,61	310,08	280,74	268,40	338,98

Sumber: Fatly Emba Tau, 2024

Hubungan antara parameter marshall dengan kadar aspal untuk penentuan KAO, ketentuan dari nilai tengah kadar aspal optimum dari Pengujian Marshall yang dilakukan, maka diperoleh hasil seperti pada rumus di bawah ini:

$$\text{KAO} = \frac{5,0 + 5,5}{2} = 5,25\%$$

Seperti hasil perhitungan nilai tengah di atas, maka nilai KAO yang digunakan pada penelitian ini, sebesar 5,25%.

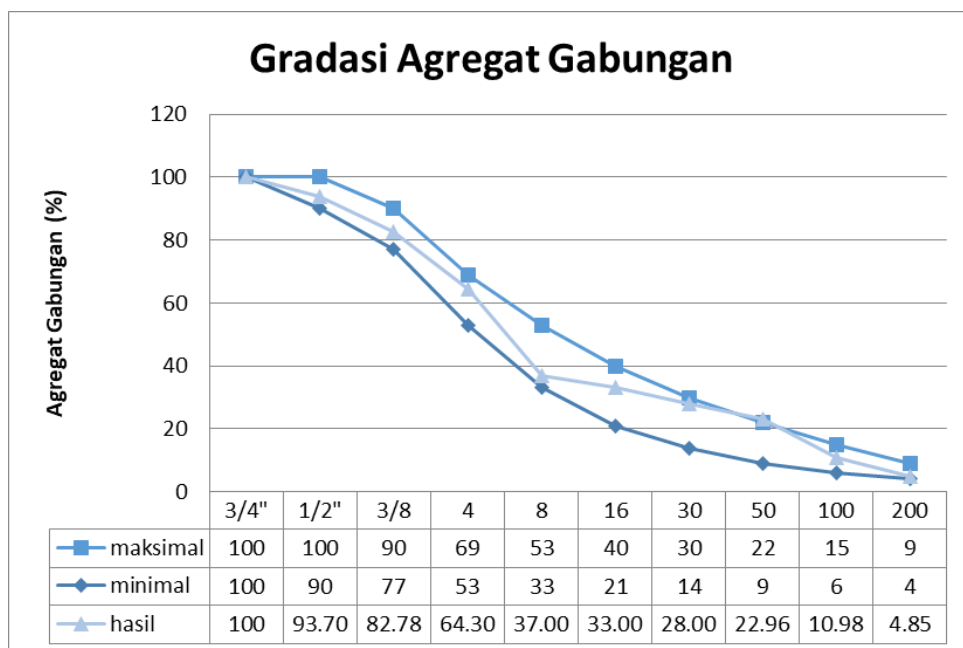
### Gradasi Gabungan

Penentuan gradasi gabungan agregate berdasarkan pada Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2 terlihat pada Tabel 4 dan Gambar 5 di bawah ini.

Tabel 5. Gradasi Gabungan Agregat.

Nomor Saringan		3/4	1/2	3/8	No. 4	No. 8	NO.16	No. 30	No. 50	No. 100	No. 200
Batu Pecah	% PASS	100	90.00	72.67	43.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
63	% BATCH	63	56.70	45.78	27.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pasir	% PASS	100	100	100	100	100	80.00	55.00	35.00	25.00	11.00
20	% BATCH	20	20	20	20	20	16.00	11.00	7.00	5.00	2.20
Abu Batu	% PASS	100	100	100	100	100	100	100	93.90	35.20	15.60
17	% BATCH	17	17	17	17	17	17	17	15.96	5.98	2.65
Agregat Gabungan		100	93.70	82.78	64.30	37.00	33.00	28.00	22.96	10.98	4.85
Spesifikasi		100	90-100	77-90	53-69	33-53	21-40	14-30	9-24	6-15	6-15

Sumber: Fatly Emba Tau, 2024



Gambar 6.  
Kurva Grafik Gabungan Agregat  
Sumber: Fatly Emba Tau, 2024

## Pengujian Marshall

Hasil pengujian menggunakan alat Mashall untuk mengetahui nilai Paramater Marshall suatu campuran perkerasan AC-WC menggunakan limbah cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 10%, 20%, dan 30% terhadap abu batu berdasarkan nilai KAO sebesar 5,25%, terlihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 6. Hasil Pengujian Alat Marshall.

Abu Cangkang Kemiri (%)	No. Sample	KAO (%)	Paramater Marshall					
			VIM (%)	VMA (%)	VFB (%)	Stabilitas (Kg)	Flow (mm)	MQ (Kg/mm)
	1		5.85	15.75	62.87	1085.00	3.15	344.44

10	2	5.25	2.20	12.49	82.36	775.00	3.05	254.10
	3		4.37	14.42	69.72	806.00	3.10	260.00
<b>Rata-Rata</b>			<b>4.14</b>	<b>14.22</b>	<b>71.65</b>	<b>888.67</b>	<b>3.10</b>	<b>286.18</b>
	1	20	4.17	14.25	70.71	837.00	2.80	298.93
	2		5.95	15.84	62.42	806.00	2.73	295.24
	3		3.52	13.66	74.25	961.00	2.72	353.31
<b>Rata-Rata</b>		<b>4.551</b>	<b>4.58</b>	<b>69.13</b>	<b>868.00</b>	<b>2.75</b>	<b>315.83</b>	
	1	30	6.571	6.40	59.91	1128.40	2.70	417.93
	2		3.871	3.98	72.33	1302.00	2.55	510.59
	3		1.901	2.22	79.86	1023.00	2.40	426.25
<b>Rata-Rata</b>		<b>4.111</b>	<b>4.20</b>	<b>70.70</b>	<b>1151.13</b>	<b>2.55</b>	<b>451.59</b>	

Sumber: Fatly Emba Tau, 2024.

Berdasarkan hasil pengujian menggunakan alat Marshall terlihat pada Tabel 5 di atas diketahui nilai Paramater Marshall yaitu Stabilitas, flow (Kelelehan), MQ (*Marshall Quotient*), VIM (*Void In Mix*), VMA (*Void in the Mineral Aggregate*), dan VFB (*Void Filled with Bitumen*), suatu campuran perkerasan AC-WC menggunakan limbah cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 10%, 20%, dan 30% terhadap abu batu berdasarkan nilai KAO sebesar 5,25% telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga yang telah disyaratkan, sehingga limbah cangkang kemiri dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC.

### Pengujian Cantabro

Hasil Pengujian Cantabro menggunakan Alat Los Angeles untuk mengetahui nilai kehilangan berat suatu campuran perkerasan AC-WC menggunakan limbah cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 10%, 20%, dan 30% terhadap abu batu berdasarkan nilai KAO sebesar 5,25%; terlihat pada Tabel 6 di bawah ini.

Tabel 7. Hasil Pengujian Alat Los Angeles.

Abu Cangkang Kemiri (%)	No. Sample	Kadar Aspal (%)	Berat Sebelum Pengujian (Mo) (gram)	Berat Setelah Pengujian (Mi) (gram)	Kehilangan Berat (Mo-Mi) (gram)	Rata-Rata Kehilangan Berat (Mo-Mi) x 100% Mo (%)	Spesifikasi Bina Marga (%)
	1		1159	1060	99	8.542	
10	2	5.25	1185	942	243	20.506	
	3		1171	992	179	15.286	
<b>Rata-Rata</b>			<b>1172</b>	<b>998</b>	<b>174</b>	<b>14.778</b>	
	1	20	1165	1059	106	9.099	
	2		1204	1046	158	13.123	
	3		1204	1012	192	15.947	
<b>Rata-Rata</b>		<b>1191</b>	<b>1039</b>	<b>152</b>	<b>12.723</b>		Maks. 20
	1	30	1177	1134	43	3.653	
	2		1184	1079	105	8.868	

3	1181	1099	82	6.943
<b>Rata-Rata</b>	<b>1181</b>	<b>1104</b>	<b>77</b>	<b>6.488</b>

Sumber: Fatly Emba Tau, 2024.

Berdasarkan hasil Pengujian Cantabro menggunakan Alat Los Angeles suatu campuran perkerasan AC-WC menggunakan limbah cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 10%, 20%, dan 30% terhadap abu batu berdasarkan nilai KAO sebesar 5,25%, terlihat pada Tabel 6 di atas diketahui nilai kehilangan berat dari semua variasi persentase campuran berada di bawah batas maksimal nilai kehilangan berat sebesar 20%, telah memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga yang telah disyaratkan, sehingga limbah cangkang kemiri dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC.

## **PENUTUP**

Berdasarkan hasil Pengujian Marshall dan Cantabro diperoleh nilai Paramater marshall dan nilai kehilangan berat menggunakan limbah cangkang kemiri sebagai substitusi material filler dengan variasi persentase campuran sebesar 25%, 50%, dan 75% terhadap abu batu memenuhi persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga Tahun 2018 Revisi 2, sehingga limbah cangkang kemiri dapat digunakan pada campuran perkerasan AC-WC.

Adapun beberapa batasan penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian ini dilakukan dengan skala laboratorium, tidak dilakukan dengan skala lapangan.
2. Hasil pengujian berdasarkan persyaratan Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Revisi 2.
3. Substitusi bahan filler menggunakan limbah cangkang kemiri yang lolos saringan no. 200 atau tertahan pan.
4. Persentase variasi campuran limbah cangkang kemiri sebanyak 20%; 30% dan 40%.
5. Menggunakan kadar aspal sesuai dengan hasil Pengujian KAO (Kadar Aspal Optimal).

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan bagi para akademisi dan peneliti, untuk melakukan melanjutkan beberapa penelitian sebelumnya dengan menggunakan beberapa jenis dan persentase variasi substitusi material berbeda yang dianalisa berdasarkan Paramater dan komponen campuran beraspal.

## **Sumber Buku**

Ibrahim Yunus, Andi. dkk. 2023. Perencanaan Geometrik Jalan. Cetakan pertama, November. Padang: Get Press Indonesia.

Ibrahim Yunus, Andi. dkk. 2024. Ilmu Teknik Sipil. Cetakan Pertama, Juni. Agam: Yayasan Tri Edukasi Ilmiah.

Saodang, Hamirhan. 2005. Konstruksi Jalan Raya: Perancangan Perkerasan Jalan Raya. Bandung: Nova.

Soehartono. 2015. Teknologi Aspal dan Penggunaannya dalam Konstruksi Perkerasan Jalan.

Bethary, R.T. 2018. Campuran Beraspal Menggunakan Reclaimed Asphalt Pavement dan Agregat Slag Baja program doktor Sistem dan Teknik Jalan Raya (STJR). Bandung: Institut Teknologi Bandung.

Hardiyatmo,H.C., 2011, Perancangan Perkerasan Jalan dan Penyelidikan Tanah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Sukirman, Silvia, 2003, Beton Aspal Campuran Panas. Jakarta: Granit.

Sukirman, S. 1999. Perkerasan Lentur Jalan Raya. Bandung.

### **Sumber Jurnal Nasional dan Internasional**

Afifi, Rahmi dkk. 2018. Pengaruh Penggantian Bahan Pengisi Semen Dengan Kombinasi Abu Bata Dan Abu Sekam Padi Pada Campuran Aspal AC-WC. Jom FTEKNIK Volume 5 Edisi 2. Pekanbaru: Universitas Riau.

<https://jurnal.unpepabri.ac.id/index.php/tekstur/article/download/355/40/223>

Alif Lam Ra Sugeha , Eti sulandari, dan Rudi Sugiono Suyono. Pemanfaatan Limbah Abu Batu Bara Sebagai Filler Pada Campuran Laston. Teknik Sipil FT. Universitas Tanjungpura, 1-11.

<https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/viewFile/29406/75676579018>

Ahmad Uwwes Al Qurny, Imam Hagni Puspito, dan Nuryani Tinumbia. 2022. Pengaruh Penambahan Bahan Pengisi (Filler) Fly Ash Terhadap Campuran Aspal Beton Lapis Aus (Asphalt Concrete Wearing Course/AC-WC). Jurnal Artesis. Vol. 2(1): 87-97.

<https://journal.univpancasila.ac.id/index.php/ARTESIS/article/view/3766>

Gomez, Laurensius M. da dan Wita Meutia. 2021. Penggunaan Filler Abu Serbuk Kayu Kelapa Pada Aspal Beton AC-WC. Jurnal Artesis. Vol.1 (2): 161-166.

<https://journal.univpancasila.ac.id/index.php/ARTESIS/article/download/3222/1664/>

Hamzah, Risky Aynin. dkk. 2016. Pengaruh Variasi Kandungan Bahan Pengisi Terhadap Kriteria Marshall Pada Campuran Beraspal Panas Jenis Lapis Tipis Aspal Beton – Lapis Aus Gradasi Senjang. Jurnal Sipil Statik Vol.4 No.7.

<https://ejournal.unsrat.ac.id/index.php/jss/article/view/13167/12752>

Zulharnah dan Andi Ibrahim Yunus. 2024. Tinjauan Nilai Paramater Marshall dan Kehilangan Berat Campuran Perkerasan AC-WC Menggunakan Spesifikasi Bina Marga dengan Memanfaatkan Abu Sekam Padi. Jurnal Tekstur Kota. Universitas Pepabri Makassar. Makassar.

<https://jurnal.unpepabri.ac.id/index.php/tekstur/article/view/355>

### **Sumber Skripsi**

Damanik, Eicha Apriana. 2022. Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Pada Lapisan *Asphalt Concrete – Wearing Course* (AC-WC) Dengan Pengujian Marshall. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

<http://repository.umsu.ac.id/jspui/bitstream/123456789/19820/1/SKRIPSI%20ENICHA%20APRIANA%20DAMANIK.pdf>

Fatly Emba Tau. 2024. Studi Penggunaan Limbah Cangkang Kemiri Sebagai Substitusi Filler Pada Campuran Aspal AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*). Skripsi. Makassar: Universitas Fajar.

Siregar, P. 2008. Pemanfaatan Abu Kerak Boiler Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Campuran Semen Pada Beton. Skripsi. Jurusan Teknik Sipil. Universitas Sumatera Utara.

<http://journal.unpar.ac.id/index.php/journaltransportasi/article/view/2975>

Witri, Putri Rahma. dkk. Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-WC. Skripsi. Padang: Universitas Bung Hatta.

<http://repo.bunghatta.ac.id/7964/1/i.%20COVER%2C%20HALAMAN%20PENGESEHAN%2C%20ABSTR AK%20DAN%20DAFTAR%20ISI.pdf>

### **Sumber Website**

Direktorat Jenderal Bina Marga, Kementerian Pekerjaan Umum. 2010. Spesifikasi Umum. Edisi 2010 (Revisi 3). Divisi 6 Perkerasan Aspal.

KBBI Online versi 2.9. 2012-2023. Badan Pengembangan dan Pembinaan Bahasa (Pusat Bahasa).

Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. 2023. Perkerasan jalan.

Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. 2024a. Andam.

Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. 2023. Cangkang.

Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas. 2024. Silikat.