

TUGAS AKHIR

ANALISIS CAMPURAN AC-WC TERHADAP LIMBAH ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI FILLER

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan mencapai derajat Sarjana S1 pada
Fakultas Teknik Program Studi Teknik Sipil.



Disusun Oleh :

WARHAMNI

D01 19 378

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULAWESI BARAT
MAJENE
2023**

ABSTRAK

ANALISIS CAMPURAN AC-WC TERHADAP LIMBAH ABU BONGGOL JAGUNG SEBAGAI FILLER

Warhamni, Hj.Syukuriah Katjo,S.T.,M.T¹, Ir. Sutriani, ST., MT.²
Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sulawesi Barat
wannione23@gmail.com

Asphalt Concrete Wearing Course merupakan lapisan paling atas atau disebut lapisan aus pada perkerasan jalan yang kedap terhadap air, tahan terhadap cuaca, dan berhubungan langsung dengan roda kendaraan. Dalam suatu campuran perkerasan, filler mempunyai pengaruh yang cukup berarti karena fungsinya sebagai pengisi rongga pada campuran. Pada penelitian ini menggunakan abu bonggol jagung sebagai filler untuk campuran aspal panas AC-WC. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh dari penambahan abu bonggol jagung terhadap karakteristik Marshall dan Untuk mengetahui hasil uji marshall dari penggunaan abu bonggol jagung sebagai filler sesuai dengan persyaratan bina marga 2018. Spesifikasi yang digunakan mengikuti standar Bina Marga 2018 divisi 6 dengan metode Marshall. Kadar abu bonggol jagung yang digunakan bervariasi antara 0%, 1%, 2% dan 3% dengan menggunakan kadar aspal variasi 5%, 5,5%, 6% , 6,5% dan 7%. Berdasarkan hasil pengujian *marshall* yang telah didapatkan nilai MQ dengan kadar aspal optimum (KAO) pada benda uji tanpa *Filler* abu bonggol jagung 0% didapatkan nilai kadar aspal optimum (KAO) yaitu 5,95%. Pada pengujian benda uji dengan menggunakan filler abu bonggol jagung diperoleh nilai MQ tertinggi yaitu 405,10 kg/mm dengan dengan variasi abu bonggol jagung normal atau 0% dan didapatkan nilai MQ terendah yaitu 329,59 kg/mm dengan dengan variasi filler 3%, maka variasi filler abu bonggol jagung yang dapat digunakan pada perkerasan jalan terdapat pada variasi filler abu bonggol jagung dengan nilai VIM = 4,47%, nilai VMA = 17,15%, VFB = 73,96%, nilai stabilitas = 1427,74 kg, nilai Flow = 3,50 mm dan nilai MQ = 405,10 kg/mm.

Kata Kunci : AC-WC, *Filler*, Parameter *Marshall*

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut (*Asphalt Institute*, 2001) Aspal merupakan bahan padat atau setengah padat yang berwarna hitam coklat yang bersifat melekat dan akan mencair bila dipanaskan. Dengan komponen utamanya adalah bitumen yang terdapat dialam atau diperoleh dari hasil pengolahan minyak bumi. Aspal dapat dimodifikasi dengan melakukan beberapa penambahan jenis zat kedalam campuran aspal bisa dari jenis aditif kimia dan limbah buangan. Sangat banyak jenis *filler* yang dapat dicampur dengan aspal contohnya seperti *fly ash* tetapi *filler* dengan jenis ini lumayan sulit untuk ditemukan serta harga yang cukup mahal. Oleh karena itu sangat perlu melakukan suatu inovasi baru contohnya dengan melakukan penambahan abu bonggol jagung sebagai *alternative* bahan campuran untuk aspal dan juga termasuk upaya dalam pengurangan limbah

Salah satu bahan limbah yang juga memiliki kandungan Silika (SiO_2) adalah bonggol jagung. Di mana jika limbah bonggol jagung di abukan, abu dari bonggol jagung tersebut memiliki kandungan senyawa kimia yang sama dengan kandungan senyawa kimia penyusun semen yaitu Silika (SiO_2) yang ada pada pozzolan sebesar 66,83% (Raheem,2009; Berutu, 2020; Harmaji et al., 2019).

Bonggol jagung yang sudah tidak digunakan ternyata dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen karena bonggol jagung yang dibakar dan menjadi abu mengandung senyawa SiO_2 yang memiliki kerekatan yang sama seperti semen. Kandungan senyawa silika (SiO_2) yang abu bonggol jagung memiliki kesamaan senyawa semen sehingga abu bonggol jagung dapat dijadikan alternatif sebagai bahan substitusi filler. Hal inilah yang mendorong pemanfaatan abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi filler.

Filler pada campuran aspal beton khususnya pada campuran AC-WC sangat penting karena filler berfungsi sebagai bahan pengisi rongga pada campuran aspal.

2. Untuk mengetahui karakteristik *Marshall* dengan kadar aspal optimum pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete – Wearing Course*) dengan menggunakan *filler* abu bonggol jagung

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini antara lain :

1. Mengetahui sejauh mana abu bonggol jagung dapat digunakan sebagai bahan pengganti filler pada campuran AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*)
2. Diharapkan dapat menjadi alternatif pilihan penggunaan bahan perkerasan yang baru, dan lebih ekonomis untuk meningkatkan mutu perkerasan jalan lentur

1.5 Batasan Masalah

Didalam penelitian ini, agar permasalahan tidak terlalu luas dan memudahkan dalam penyampaian masalah sesuai dengan tujuan yang hendak dicapai maka ruang lingkup pembahasannya dibatasi sebagai berikut:

1. Campuran yang diteliti adalah *Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC)*
2. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode *Marshall*
3. Menggunakan variasi filler 0%, 1%, 2%, dan 3 % untuk mencari kadar aspal optimum
4. Variasi kadar aspal yang digunakan yaitu 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%.
5. Menggunakan agregat yang berasal dari Laboratorium PT Bukit Bahari Indah.
6. Aspal yang digunakan adalah aspal pen 60/70

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum tulisan ini terbagi dalam lima bab yaitu : Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Hasil Pengujian dan Pembahasan dan diakhiri oleh Penutup. Berikut rincian secara umum mengenai kandungan dari kelima bab tersebut di atas:

1. BAB I Latar Belakang

Bab ini memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, serta sistematika penulisan.

2. BAB II Tinjauan Pustaka

Bab ini menguraikan teori - teori. Spesifikasi dan rumus - rumus yang digunakan oleh penulis untuk menunjang penelitian yang diperoleh dari referensi berbagai sumber yang penulis dapatkan.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini memuat bagan alir penelitian, tahap-tahap yang dilakukan selama penelitian meliputi tempat dan waktu penelitian, material penelitian, alat penelitian, prosedur kerja, metode percobaan, metode pengumpulan data, serta diagram alir penelitian.

4. BAB IV Hasil dan Pembahasan

Bab ini memuat tentang penjabaran dari hasil-hasil pengujian serta pembahasan data berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari pengujian di laboratorium dan teori yang ada.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Bab ini merupakan bagian akhir yang berisi kesimpulan dan saran mengenai Tugas Akhir ini. Pada akhir penulisan akan dilampirkan daftar pustaka dan lampiran yang berisi data - data penunjang dalam proses pengolahan data.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan yang terletak antara lapisan tanah dasar dan roda kendaraan, yang berfungsi memberikan pelayanan kepada sarana transportasi, dan selama masa pelayanannya diharapkan tidak terjadi kerusakan berarti. Supaya perkerasan mempunyai daya dukung dan keawetan yang memadai, tetapi juga ekonomis, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut juga lapisan permukaan, merupakan lapisan yang baik mutunya. Dibawah terdapat lapisan pondasi, yang letaknya diatas tanah dasar yang telah di padatkan (Sukirman, 2007)

Jenis-jenis perkerasan yaitu perkerasan dengan mempergunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut perkerasan lentur, dan perkerasan dengan mempergunakan semen sebagai bahan pengikat disebut perkerasan kaku. Lapisan perkerasan menggabungkan perkerasan kaku dan lentur dinamakan komposit (Sukirman, 2007).

2.2 Perkerasan Lentur

Perkerasan lentur adalah jenis perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat untuk lapisan perkerasan. Kontruksi perkerasan lentur terdiri dari – lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan perkerasan ini bersifat memikul dan menyebarkan beban ke tanah dasar. Lapisan kontruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan :

1.2.1. Lapisan Permukaan (Surgface Course)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang bersentuhan langsung dengan beban roda kendaraan. Fungsi lapis permukaan antara lain (Hamirhan, 2005) :

- a. Sebagai bahan perkerasan untuk menahan beban roda
- b. Sebagai lapisan rapat air untuk melindungi badan jalan kerusakan akibat cuaca.

c. Sebagai lapisan aus (wearing course).

Bahan untuk lapis permukaan umumnya adalah campuran bahan agregat dan aspal, dengan persyaratan bahan yang memenuhi standar. Penggunaan bahan aspal diperlukan sebagai bahan pengikat agregat dan agar lapisan dapat bersifat kedap air, disamping itu bahan aspal sendiri memberikan bantuan tegangan tarik yang berarti mempertinggi lapisan terhadap beban roda lalu-lintas.

1.2.2. Lapisan Pondasi Atas (Base Course)

Lapis pondasi atas (Base course) adalah lapisan perkerasan yang terletak diantara lapisan pondasi bawah dan lapisan permukaan, yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang mendukung lapis permukaan dan beban-beban roda yang bekerja di atasnya dan menyebarkan tegangan yang terjadi ke lapis pondasi bawah, kemudian ke lapis tanah dasar. Fungsi lapis pondasi atas antara lain (Hamirhan, 2005) :

- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.
- c. Meneruskan limpahan gaya lalu lintas ke lapis pondasi bawah.

Bahan-bahan untuk lapis pondasi umumnya harus cukup kuat dan awet sehingga dapat menahan beban-beban roda. Sebelum menentukan suatu bahan untuk digunakan sebagai bahan pondasi, hendaknya dilakukan penyelidikan dan pertimbangan sebaik-baiknya sehubungan dengan persyaratan teknik. Berbagai macam bahan alam / bahan setempat (CBR $\geq 50\%$, PI $\leq 4\%$) dapat digunakan sebagai bahan pelapis pondasi, antara lain : batu pecah, kerikil pecah, dan stabilisasi tanah dengan semen dan kapur.

1.2.3. Lapisan Pondasi Bawah (Sub Base Course)

Lapis pondasi bawah (Sub base course) adalah lapisan perkerasan yang terletak diatas lapisan tanah dasar dan dibawah lapisan pondasi atas, yang berfungsi sebagai bagian perkerasan yang meneruskan beban

diatasnya dan selanjutnya menyebarkan tegangan yang terjadi kelapis tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah antara lain (Hamirhan, 2005) :

Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.

Menjaga efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan lapisan selebihnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).

Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapis pondasi. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar. Hal ini sehubungan dengan terlalu lemahnya daya dukung tanah dasar terhadap roda-roda, alat-alat besar atau karena kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca. Berbagai macam tipe tanah setempat ($\text{CBR} \geq 20\%$, $\text{PI} \leq 10\%$) yang relatif lebih baik dari tanah dasar dapat digunakan sebagai bahan pondasi bawah. Campuran-campuran tanah setempat dengan kapur atau semen portland dalam beberapa hal sangat dianjurkan, agar dapat bantuan yang efektif terhadap kestabilan konstruksi perkerasan.

1.2.4. Lapisan tanah dasar (Sub Grade)

Tanah dasar adalah lapisan tanah yang berfungsi sebagai tempat perletakan lapis perkerasan untuk mendukung konstruksi lapis perkerasan jalan di atasnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Umumnya persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut (DPU, 1987) :

Perubahan bentuk tetap (deformasi permanen) dari macam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.

Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.

Daya dukung tanah yang tidak merata dan suka ditentukan secara

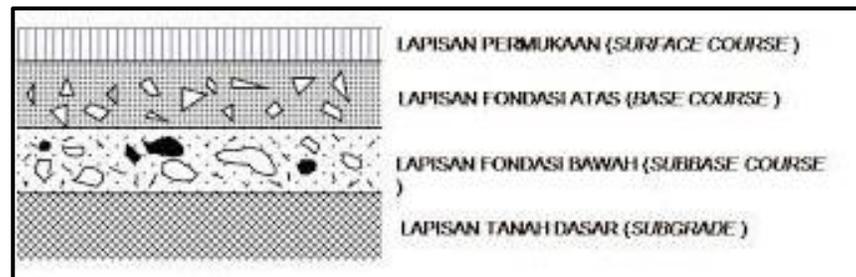
pasti pada daerah dengan macam tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaannya.

Lendutan dan lendutan balik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas dari macam tanah tertentu.

Tambahan pemadatan akibat pembebanan lalu lintas dan penurunan yang diakibatkannya, yaitu pada tanah berbut (granular soil) yang tidak dipadatkan secara baik pada saat pelaksanaan.

Untuk sedapat mungkin mencegah timbulnya persoalan diatas maka tanah dasar harus dikerjakan sesuai dengan “ Peraturan Pelaksanaan Pembangunan Jalan Raya”.

Untuk susunan lapisan kontruksi perkerasan lentur dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Susunan Lapis Perkerasan Lentur

Sumber : Bina Marga,2010

2.3 Aspal

2.3.1 Pengertian Aspal

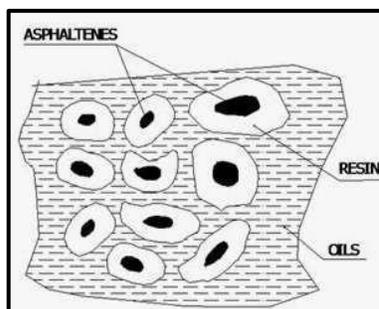
Menurut Sukirman, (2010), aspal ialah suatu bahan yang berwujud padat sampai relatif pada suhu ruang, serta bersifat thermoplastic, sehingga aspal meleleh bila dipanaskan sampai suhu tertentu dan membeku kembali jika suhunya turun. Selain agregat, aspal sendiri adalah bahan pembentuk campuran perkerasan jalan yang didefinisikan sebagai bahan perekat berwarna hitam atau coklat tua, dengan bitumen sebagai komponen utamanya. Aspal dapat diperoleh di alam ataupun merupakan residu dari produksi minyak bumi. Jumlah aspal dalam campuran perkerasan antara 4 dan 10% tergantung berat campuran, atau 10-15% tergantung

pada volume campuran.

2.3.2 Kandungan Aspal

Senyawa hidrokarbon yang terkandung dalam bitumen yaitu aspal, tar dan pitch (Tahir Dalimunthe & Ardan, 2019). Aspal disebut juga sebagai material perekat, dengan unsur utama berupa bitumen. Tar merupakan material yang memiliki warna gelap yaitu hitam atau serta memiliki bentuk semi padat dan juga memiliki unsur utama berupa bitumen sebagai hasil hidrokarbon cair yang didapatkan dari sumur gas. Pitch di dapat dari endapan dari penyulingan tar. Tar ataupun pitch tidak dapat di peroleh dari alam terbuka, dua unsur ini adalah produk kimiawi. Berdasarkan ketiga material yang telah disebutkan, aspal merupakan material paling sering digunakan sebagai bahan pengikat, jadi tak heran jika bitumen sering di sebut sebagai aspal.

Berdasarkan Sukirman, (2010), setiap sumber dari minyak bumi membentuk komposisi molekul yang berbeda. Komposisi aspal terdiri dari asphaltenes dan metanes. Asphaltenes ialah material yang berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam heptane. Maltenes larut pada heptane, yang merupakan cairan kental yang terdiri dari resin serta oils. Resin merupakan cairan kental yang berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat perekat seperti aspal, komponen yang mudah hilang atau berkurang selama umur jalan. Kandungan Aspal yang terdapat pada Gambar 2.2 berikut.



Gambar 2.2 Ilustrasi Komposisi Aspal Minyak.

Sumber: Silvia Sukirman, (1999)

2.3.3 Jenis Aspal

Berdasarkan cara diperolehnya, aspal terdiri dari :

1. Aspal alam seperti, aspal gunung (rock asphalt), contoh aspal dari pulau Buton dan Aspal danau (lake asphalt), contoh aspal dari Bermudez, Trinidad.
2. Aspal buatan seperti, Aspal minyak, adalah hasil penyulingan minyak bumi, dan Tar, adalah hasil penyulingan batu bara

Salah satu aspal minyak ialah aspal keras/cement (AC). Aspal semen pada temperatur ruang (25°C - 35°C) yang berbentuk padat. Aspal semen terdiri atas beberapa jenis tergantung dari minyak bumi asalnya serta proses pembuatannya. Pengelompokan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya.

Di Indonesia, aspal semen umumnya dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya, yaitu :

- a. AC pen 40/50, yaitu AC dengan Penetrasi 40-50.
- b. AC pen 60/70, yaitu AC dengan Penetrasi 60-79.
- c. AC pen 80/100, yaitu AC dengan Penetrasi 80-100.
- d. AC pen 200/300, yaitu AC dengan Penetrasi 200-300.

Di Indonesia pada umumnya dipergunakan aspal semen menggunakan penetrasi 60/70 dan 80/100. Adapun persyaratan aspal minyak 60/70 ada pada Tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Minyak 60/70

No	Jenis Pengujian	Metode	Syarat
1	Penetrasi pada 25°C (0,1 mm)	SNI 2432-2011	60-70
2	Titik lembek $^{\circ}\text{C}$	SNI 2432-2011	≥ 48
3	Titik nyala $^{\circ}\text{C}$	SNI 2432-2011	≥ 232
4	Daktalitas pada 25°C (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100
5	Berat Jenis	SNI 2432-2011	$\geq 1,0$

No	Jenis Pengujian	Metode	Syarat
6	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440-1991	$\geq 0,8$
7	Penetrasi pada 25° C setelah kehilangan berat (%)	SNI 06-2440-1991	≥ 54
8	Daktalitas 2 5° C setelah kehilangan berat (cm)	SNI 2432-2011	≥ 100

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018, Divisi 6 Perkerasan Aspal

2.3.4 Campuran Aspal Panas (*Asphalt Hot Mix*)

Aspal campuran panas merupakan campuran agregat bergradasi padat dengan agregat kasar, dan halus serta bahan pengisi sebagai komponen utama, kemudian ditambahkan aspal sebagai pengikat. Bahan-bahan ini kemudian dicampur dan dipadatkan dalam kondisi panas pada temperatur tertentu untuk membentuk campuran yang dapat digunakan sebagai bahan pelapis jalan. Jenis perkerasan yang menggunakan aspal panas merupakan tipe perkerasan fleksibel.

Kapasitas dukung beban campuran aspal ditentukan oleh gaya gesek dan kohesi material yang digunakan dalam campuran aspal. Gesekan pada agregat diakibatkan oleh gesekan antara butiran dengan gradasi dan tahanan dari agregat itu sendiri, ketika suatu agregat mempunyai sifat fisik yang kuat dan gradasi antar butir agregatnya sempit maka secara alami agregat tersebut mempunyai gaya gesek yang baik. Kohesi itu sendiri dihasilkan dari sifat-sifat aspal yang digunakan. Oleh karena itu, kinerja campuran aspal sangat ditentukan oleh agregat yang digunakan dan aspal yang digunakan. (Bina Marga, (2002).

2.3.5 Fungsi Aspal Sebagai Material Perkerasan Jalan

Fungsi aspal adalah sebagai pengikat yang kuat bagi aspal dan agregat serta antar sesama aspal. Fungsi lainnya sebagai pengisi untuk rongga antar butir agregat dalam mengisi pori-pori yang terdapat dalam butir agregat.

2.4 Agregat

Agregat adalah elemen utama yang mengambil beban langsung dari roda kendaraan dan berfungsi sebagai penopang stabilitas mekanik. Bentuk penambahan butiran ini mempengaruhi kualitas campuran. Bentuk sudut butiran agregat dan jumlah area kubik memastikan gesekan internal yang baik dan hubungan antara butiran agregat, sehingga stabilitas pencampuran yang lebih tinggi.

Butir agregat yang panjang dan pipih tidak memberikan gesekan internal yang baik antar butir agregat, sehingga stabilitas campuran yang dihasilkan tidak meningkat. Penggunaan butiran agregat kasar lebih disukai sebab semakin kasar permukaan agregat, semakin besar stabilitas dan daya tahan suatu campuran (Hikmayani, 2022). Secara umum agregat yang digunakan dalam campuran beraspal dibagi atas dua macam, yaitu :

2.1.1 Agregat Kasar

Agregat yang tertahan di saringan terdiri dari kerikil (batu pecah). Butir-butir tersebut dari ukuran kasar sampai halus. Agregat yang dimaksud adalah agregat kasar seperti butiran kerikil dengan ukuran 5- 40 mm atau agregat yang tertahan pada ayakan N0.4 (4,75 mm). Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran aspal adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36mm), terdiri dari batu pecah atau kerikil pecah yang bersih, kering, kuat, dan bebas dari bahan lain yang mengganggu dan memenuhi persyaratan.

Agregat kasar dalam campuran perkerasan aspal di manfaatkan sebagai penyuplai kestabilitan dalam campuran. Ketahanan abrasi yang tinggi sangat di perlukan bagi agregat kasar terlebih pada penggunaan agregat lapis AC-WC atau permukaan, Ketentuan agregat kasar dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut :

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekelan bentuk agregat terhadap larutan		Natrium Sulfat	Maks. 12%
		Magnesium Sulfat	Maks. 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC Modifikasi dan SMA (<i>Stone Mastic Asphal</i>)	100 putaran	Maks 6%
		500 putaran	Maks. 30%
	Semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap aspal		SNI 2439-2011	Min. 95%
Butir pecah pada agregat kasar	SMA	SNI 7619-2012	100/90 *)
	Lainnya		95/90 **)
Partikel pipih dan lonjong	SMA	SNI 8287-2016 perbandingan 1 : 5	Maks. 5%
	Lainnya		Maks. 10%
Material lolos ayakan		SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal (2018)

2.1.2 Agregat Halus

Dalam (SNI 03-2847-2002, 2002) agregat halus merupakan agregat yang memiliki ukuran butir maksimal 5,0 mm atau agregat yang lolos ayakan (4,75 mm). agregat halus dapat berupa pasir alam maupun pasir olahan dari 13industry bahkan gabungan dari pasir alam dan buatan. Agregat halus di dimanfaatkan sebagai stabilitas campuran serta dapat mengisi rongga dari agregat kasar. Ketentuan agregat halus terdapat pada Tabel 2.4 sebagai berikut :

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 50%
Uji Kadar Rongga Tanpa Pemasatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Min 50%	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117 : 2012	Maks 10%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Jalan.

2.1.3 Gradasi Agregat

Seluruh spesifikasi perkerasan mensyaratkan bahwa partikel agregat harus berada dalam rentang ukuran tertentu dan untuk masing-masing ukuran partikel harus dalam proporsi tertentu. Distribusi dari variasi ukuran butir agregat ini disebut gradasi agregat. Gradasi agregat mempengaruhi besarnya rongga dalam campuran dan menentukan workabilitas (sifat mudah dikerjakan) dan stabilitas campuran. Untuk menentukan apakah gradasi agregat memenuhi spesifikasi atau tidak, diperlukan suatu pemahaman bagaimana ukuran partikel dan gradasi agregat diukur.

Gradasi agregat dinyatakan dalam persentase berat masing-masing contoh yang lolos pada saringan tertentu. Persentase ini ditentukan dengan menimbang agregat yang lolos atau tertahan pada masing-masing saringan.

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya, merupakan hal penting dalam menentukan stabilitas perkerasan, berpengaruh terhadap besarnya volume rongga (void), workability dan stabilitas dalam campuran.

Jenis gradasi yang digunakan yaitu :

1. Gradasi Menerus

Agregat bergradasi menerus adalah agregat yang ukuran butirannya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Agregat bergradasi menerus disebut pula agregat bergradasi rapat. Campuran agregat bergradasi menerus mempunyai pori sedikit, mudah dipadatkan dan mempunyai stabilitas yang tinggi.

Tingkat stabilitas ditentukan dari ukuran butir agregat terbesar yang ada.

2. Gradasi Seragam

Agregat yang mempunyai sama atau hampir sama disebut agregat seragam. Agregat ini mempunyai pori antar butir yang cukup besar, sehingga sering juga disebut agregat bergradasi terbuka

3. Gradasi Senjang

Gradasi senjang merupakan gradasi dengan agregat yang tidak memiliki ukuran yang tak sama rata dan memiliki sela.

Pencampuran agregat dilakukan dengan cara *Trial and Error* yaitu cara pencampuran agregat dengan cara mencoba kemungkinan berbagai proporsi agregat, kemudian mengadakan analisa saringan yang dibandingkan dengan spesifikasi yang disyaratkan.

Tabel 2.4 Gradasi Agregat untuk Campuran *Asphalt Concrete* (AC)

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos Terhadap Total Agregat		
ASTM	(mm)	Wc	BC	Base
1 ½	37,5	-	-	100
1	25	-	100	90 - 100
¾	19	100	90 - 100	76 - 90
½	12,5	90 - 100	77 - 90	60 - 78
3/8	9,5	77 - 100	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	21 - 40	18 - 38	13 - 30
No.30	0,600	14 - 30	12 - 28	10 - 22
No.50	0,300	9 - 22	7 - 20	6 - 15
No.100	0,150	6 - 15	5-13	4 - 10
No.200	0,075	4 - 9	4 - 8	3 - 7

Sumber : Kementerian Pekerjaan Umum. Direktorat Jenderal Bina Marga. 2018.

2.5 Filler

Filler adalah bahan pengisi pada lapisan aspal. Selain itu, kadar serta jenis bahan pengisi bisa mempengaruhi sifat elastisitas campuran dan sensitivitas campuran (Rahaditya, 2012).

Peraturan untuk bahan pengisi dalam campuran aspal menurut Bina Marga 2018 adalah:

1. Bahan pengisi terdiri dari debu batu gamping, kapur terhidrasi, semen atau fly ash bersumber dari persetujuan Direksi Pekerjaan.
2. Bahan pengisi harus kering dan tidak menggumpal dan bila diuji menggunakan saringan sesuai SNI 03-1968-1990 harus mengandung bahan yang lolos saringan #200 (75 mikron) Paling sedikit 75% menurut beratnya.
3. Semua campuran aspal harus mengandung minimal 1% dan maksimum 2% bahan pengisi yang ditambahkan dari total berat agregat.

Tabel 2.5 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standart	Nilai
Material lolos saringan No. 200 (0,075 mm)	SNI ASTM C136-2012	Min. 75%
Berat Jenis	SNI 03-4145-1991	3,0-3,2

Sumber : (Bina Marga, 2018)

2.6 Abu Bonggol Jagung

Bahan tambahan merupakan bahan-bahan yang ditambahkan kedalam campuran aspal pada saat atau selama pencampuran berlangsung. Fungsi dari bahan ini adalah untuk mengubah sifat-sifat pada campuran lapisan aspal agar menjadi lebih cocok untuk pekerjaan tertentu, atau untuk menghemat biaya.

Bonggol jagung yang sudah tidak digunakan ternyata dapat digunakan sebagai bahan substitusi semen karena bonggol jagung yang dibakar dan menjadi abu mengandung senyawa SiO₂ yang memiliki kerekatan yang sama seperti semen.

Kandungan senyawa silika (SiO_2) yang abu bonggol jagung memiliki kesamaan senyawa semen sehingga abu bonggol jagung dapat dijadikan alternatif sebagai bahan substitusi filler. Hal inilah yang mendorong pemanfaatan abu bonggol jagung sebagai bahan substitusi filler.

Jagung merupakan tanaman yang memiliki kandungan silika. Tanaman jagung memiliki kadar silika 20,6% yang melebihi unsur hara makro (N, P, K, Ca, Mg dan S) (Roesmarkam dan Yuwono,2002). Kadar silika pada batang jagung ini diharapkan dapat memberikan dampak positif pada kekuatan dalam campuran aspal.

2.7 Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal optimum diperkirakan dengan menentukan kadar aspal rencana terlebih dahulu berikut rumus untuk perkiraan kadar aspal rencana

$$Pb = 0,035 (\% CA) + 0,045 (\% FA) + 0,18 (\%FF) + K \dots \dots \dots (2.1)$$

dengan:

Pb = Perkiraan kadar aspal tengah (persentase berat terhadap campuran)

CA = Agregat tertahan saringan No.8 (agregat lolos saringan $\frac{3}{4}$ " – agregat lolos saringan No. 8)

FA = Agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200 (agregat lolos saringan No.8 – agregat lolos saringan No.200)

FF = Bahan pengisi lolos saringan No.200 (agregat lolos saringan No.200)

K = Kira-kira konstanta 0,5 – 1 untuk laston dan 2,0 – 3,0 untuk Lataston. Untuk jenis campuran lain gunakan nilai 1,0 – 2,5.

Sumber : (modul – 03C pengambilan contoh dan pengujian campuran aspal dan agregat untuk campuran beraspal hal 3 – 30).

2.8 Metode Pengujian Marshall

Setelah semua benda uji dibuat maka tahapan selanjutnya adalah melakukan pengujian untuk memperoleh hasil yang diinginkan dengan alat yang bernama *Marshall Test*. Pemeriksaan dengan *Marshall Test* pertama kali diperkenalkan oleh Bruce Marshall dan dikembangkan oleh U.S Corps of Engineer. Hasil pemeriksaannya, *Marshall* menggunakan prosedur PC-0201- 76, AASHTO T 245-74 atau ASTM D 1559-62T (Sukirman, 2010).

Marshall Test merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) yang berkapasitas 2.500 kg atau 5000 pon. Proving ring dilengkapi dengan arloji pengukur yang berguna untuk mengukur stabilitas campuran, sedangkan arloji kelelahan (flow meter) berfungsi untuk mengukur kelelahan plastis (flow).

Adapun dasar perhitungan yang menjadi acuan dalam penganalisisan data yaitu mengacu pada SNI 06-2489-1991 dan The Asphalt Institute sebagai berikut:

1. Berat Jenis Aspal

Pemeriksaan berat jenis aspal di laboratorium (*Specific Gravity Tes*) Adalah perbandingan antara berat aspal dan berat air suling dengan isi dengan isi yang sama pada suhu tertentu (25°C atau 15,6°C) pengujian ini di perlukan pada saat pelaksanaan untuk konversi dari berat ke volume atau sebaliknya.

$$\text{Berat jenis} = \frac{(C-A)}{(b-A)-(d-c)} \dots\dots\dots(2.2)$$

Keterangan:

A : Massa piknometer dan penutup

B : Massa piknometer dan penutup berisi air

C : Massa piknometer dan penutup dan benda uji

D : Massa piknometer dan penutup dan benda uji dan air

2. Berat Jenis dan Penyerapan Air Agregat

Agregat total terdiri atas fraksi-fraksi agregat kasar, agregat halus, dan bahan

pengisi (*filler*) yang masing-masing mempunyai berat jenis yang berbeda, baik berat jenis kering dan berat jenis semu. Penyerapan terhadap air dan berat jenis efektifitasnya juga berbeda.

a. Agregat Kasar

1) Berat Jenis Kering

$$S_d = \frac{A}{(B-A)} \dots \dots \dots (2.3)$$

2) Berat Jenis Semu

$$S_a = \frac{A}{(B-C)} \dots \dots \dots (2.4)$$

3) Penyerapan Air

$$S_w = \frac{A}{(B-A)} \times 100\% \dots \dots \dots (2.5)$$

4) Berat Jenis Efektif

$$B . J \text{ Efektif} = (S_a + S_d) : 2 \dots \dots \dots (2.6)$$

Keterangan :

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

A : Berat benda uji kering oven

B : Berat benda uji jenuh kering permukaan

C : Berat benda uji dalam air

b. Agregat Halus

1) Berat Jenis Kering

$$S_d = \frac{B_k}{B+500-B_t} \dots \dots \dots (2.7)$$

2) Berat Jenis Semu

$$S_w = \frac{B_k}{B+B_k-B_t} \dots \dots \dots (2.8)$$

3) Penyerapan Air

$$S_w = \frac{500 - B_k}{B_k} \times 100\% \dots\dots\dots(2.9)$$

4) Berat Jenis Efektif

$$B . J \text{ Efektif} = \frac{S_a + S_d}{2} \dots\dots\dots(2.10)$$

Keterangan :

S_d : Berat Jenis Kering

S_a : Berat Jenis Semu

S_w : Penyerapan Air

B_k : Berat pasir kering B : Berat piknometer + air

B_t : Berat piknometer + pasir + air

SSD : Berat pasir kering permukaan (500)

3. Berat Jenis Maksimum Campuran

Berikut adalah rumus yang digunakan untuk mencari nilai dari berat jenis maksimum campuran :

$$\text{Maksimum campuran} : \frac{p_{mm}}{\frac{p_s}{G_s} + \frac{p_b}{G_b}} \dots\dots\dots(2.11)$$

Keterangan:

G_{mm} : Berat jenis maksimum campuran (gr/cc)

P_{mm} : Persentase berat total campuran (=100)

P_s : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran,

P_b : Persentase kadar aspal terhadap berat total campuran, (%)

G_s : Berat jenis efektif, (gr/cc)

G_b : Berat jenis aspal, (gr/cc)

4. Berat Jenis Bulk Campuran Padat

Dapat dihitung dengan rumum berikut :

$$Gmb = Wa : Vbulk.....(2.12)$$

Keterangan:

Gmb : Berat jenis campuran setelah dipadatkan, (gr/cc)

Vbulk : Volume campuran setelah pemadatan, (cc)

Wa : Berat di udara, (gr)

5. Kepadatan

Density merupakan tingkat kerapatan campuran setelah campuran dipadatkan.

Nilai kepadatan dihitung dengan rumus berikut ini :

$$\text{Kepadatan} = Wm : (Wmsd - Wmpw)..... (2.13)$$

Keterangan:

Wm : Berat benda uji setelah dipadatkan, (gr)

Wmssd : Berat benda uji ssd setelah dipadatkan, (gr)

Wmpw : Berat benda uji dalam air setelah dipadatkan, (gr)

6. VIM (*Vold in The Mix*)

Rongga udara dalam campuran (Va) atau VIM dalam campuran perkerasan beraspal terdiri atas ruang udara diantara partikel agregat yang terselimuti aspal.

Volume rongga udara dalam campuran dapat ditentukan dengan rumus berikut:

$$VIM = 100 - \frac{gmm - gmb}{gmm}.....(2.14)$$

Keterangan :

VIM : Rongga udara pada campuran, (%)

Gmm : Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan (gr/cc)

Gmb : Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

7. VMA (*Vold in Mineral Agregat*)

VMA adalah kadar persentase ruang rongga diantara partikel agregat pada benda uji, termasuk rongga udara dan volume aspal efektif (tidak termasuk volume aspal yang diserap agregat). Nilai VMA yang disyaratkan adalah minimal 14 % sesuai dengan persyaratan Bina Marga 2018. VMA dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$VMA = \frac{100 - (Gsb - Gmb) + G}{Gsb} \dots\dots\dots(2.15)$$

Keterangan :

VM : Rongga udara pada mineral agregat, (%)

Gmb : Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

Ps : Persentase kadar agregat terhadap berat total campuran (%)

8. VFA (*Void Filled with Asphalt*)

VFA merupakan persentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan. Nilai VFA yang disyaratkan adalah minimal 65%. Nilai VFA dapat dihitung dengan rumus seperti berikut :

$$VFA = \frac{(VMA - VIM)}{(VMA)} \times 100 \dots\dots\dots(2.16)$$

Keterangan:

VFA : Persentase rongga udara yang terisi aspal, (%)

VMA : Persentase rongga udara pada mineral agregat, (%)

VIM : Persentase rongga udara pada campuran, (%)

9. Kelelehan (*Flow*)

Flow adalah tingkat kelelehan campuran ketika diuji dalam keadaan suhu ekstrim yaitu 60 °C. Dikarenakan tidak tersedianya alat flowmeter di laboratoium, maka nilai flow didapat dari hasil mengurangi rata-rata diameter awal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda uji setelah

pengujian.

10. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian dengan alat marshall. Selanjutnya dicocokkan dengan angka kalibrasi proving ring dengan satuan Ibs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi tebal benda uji. Berikut adalah rumus untuk mencari nilai stabilitas

$$S = P \times q \dots\dots\dots(2.17)$$

Keterangan :

S : Nilai stabilitas (kg)

P : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

Q : Angka koreksi tebal benda uji

11. Hasil Bagi *Marshall* (MQ)

Hasil bagi *Marshall* / *Marshall Quotient* (MQ) merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelehan. Sifat Marshall tersebut dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut :

$$MQ = MS : MF \dots\dots\dots(2.18)$$

Keterangan:

MQ : Marshall Quotient, (kg/mm)

MS : Marshall Stability (kg)

MF : Flow Marshall, (mm)

2.9 Penelitian Terdahulu

Beberapa pengujian aspal modifikasi dari penelitian terdahulu tentang campuran aspal dengan abu bonggol jagung sampai ke pembuatan benda uji dapat dilihat pada Tabel 2.6 berikut :

Tabel 2.6 Penelitian terdahulu

No	Judul, Nama, Tahun, Universitas	Hasil Penelitian	Persamaan	Perbedaan
1	<p>“Pengaruh Penambahan Abu Sekam Padi Sebagai Filler Pada Campuran Aspal Beton AC-WC” (Putri Rahma Witri), Khadavi, Veronika , 2021) Universitas Bung Hatta</p>	<p>Berdasarkan hasil dari penelitian didapatkan Kadar Aspal Optimum sebesar 5,5% dan campuran AC-WC terbaik yang dapat digunakan dilapangan adalah campuran dengan variasi filler 75% abu sekam padi karena memiliki nilai stabilitas tertinggi dibandingkan dengan campuran lain. Dari hasil parameter marshall dapat disimpulkan bahwa dengan penggunaan kadar filler abu sekam padi seluruhnya telah memenuhi persyaratan spesifikasi Umum Bina Marga 2010 revisi 3 sehingga filler abu sekam padi ini dapat digunakan pada campuran aspal</p>	<p>Memakai campuran aspal yang sama yaitu aspal AC-WC</p>	<p>Menggunakan filer yang berbeda penelitian terdahulu menggunakan abu sekam padi, sedangkan penelitian saat ini memakai limbah abu bonggol jagung</p>

		panas AC-WC.		
2	‘Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Semen Pada Pembuatan Bata Ringan Jenis <i>Clc</i> ‘(M. Aditya Nugraha, Daryati, Anisah, 2021) Universitas Negeri Jakarta	Hasil yang diperoleh untuk pengujian dimensi melebihi batas yang dipersyaratkan dalam SNI 03-2156-1991. Kuat tekan bata ringan diperoleh pada variasi 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% masing-masing 3,07 N / mm ² , 3,68 N / mm ² , 4,54 N / mm ² , 4,29 N / mm ² , dan 4 N / mm ² dengan nilai kuat tekan optimum diperoleh pada variasi 6% dan variasi non-passing pada variasi 0% dengan syarat minimum 3,6 N / mm ² . Kekuatan lentur bata ringan diperoleh pada variasi 0%, 4%, 6%, 8%, dan 10% masing-masing 0,27 N / mm ² , 0,63 N / mm ² , 0,81 N / mm ² , 0,65 N / mm ² , dan 0,76N / mm dengan nilai kuat lentur optimum diperoleh	Memakai bahan tambah yang sama yaitu limbah abu bonggol jagung	Penelitian terdahulu menggunakan filler untuk pembuatan bata ringan sedangkan penelitian saat ini menggunakan filler untuk campuran aspal

		pada variasi 6% dan variasi nonkualifikasi pada variasi 0% dan 4% dengan syarat minimum 0,65 N / mm ²		
3	<p>“Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K – 200” (Rasio Hepiyanto , Mohammad Arif Firdaus, 2019) Universitas Islam Lamongan</p>	<p>Penelitian ini menggunakan bahan-bahan yang ditambahkan oleh Abu Bonggol Jagung yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan Jagung Bonggol terhadap kuat tekan beton dengan variasi persentase 0%, 4%, 8%, dan 12% dari berat semen. Nilai beton normal beton 28 hari (19,96 Mpa) 203,24 (kg / cm²) sedangkan dengan substitusi abu tongkol jagung 4% (33,04 Mpa) 336,80 (kg / cm²), 8% (30,79 MPa) 313,57 (kg / cm²), 12% (28,20 Mpa) 287,44 (kg / cm²). Maka dapat disimpulkan bahwa semua varian melebihi target yang diinginkan, nilai</p>	<p>Memakai bahan tambah yang sama yaitu limbah abu bonggol jagung</p>	<p>Penelitian terdahulu meneliti filler terhadap kuat tekan beton K- 200 sedangkan penelitian saat ini menggunakan filler sebagai campuran aspal</p>

		substitusi abu tongkol jagung yang optimal adalah pada varian 4% yaitu 33,04 Mpa, 336,80 (kg / cm ²)		
4	“Pengaruh penggunaan abu kelapa sawit sebagai filler pada lapisan perkerasan aspal AC – WC (<i>Asphalt Concrete – Binder Course</i>) ” (Agustian Matheus, Akhmad ali dan Elsa Tri Mukti, 2021), Universitas Tanjungpura Pontianak	Nilai kadar aspal optimum tertinggi adalah 6,375% yaitu pada variasi 100% abu kelapa sawit dan nilai stabilitas terendah adalah 6,075% yaitu pada 100% abu batu	Memakai campuran aspal yang sama yaitu aspal AC-WC	Menggunakan filler yang berbeda penelitian terdahulu menggunakan Limbah abu kelapa sawit, sedangkan penelitian saat ini memakai limbah abu bonggol jagung
5	“Karakteristik Campuran AC – WC Dengan Bahan Tambah Abu Tongkol Jagung” (Bram Harry Wisnu, Rais rachman, Alpius, 2022) Universitas	Hasil uji marshall test terhadap karakteristik campuran AC-WC yang ditambahkan abu tongkol jagung dengan nilai rata-rata Stabilitas 0%-2% : 949,25 kg – 988,52 kg, untuk VIM 0% - 2% : 4,03% - 3,32%, untuk Flow	Memakai limbah abu bonggol jagung sebagai filler	Variasi filler yang digunakan berbeda. Penelitian terdahulu menggunakan variasi h 0%, 0,5%, 1%, 1,5% dan 2% sedangkan penelitian saat ini menggunakan variasi 0%, 1%, 2% dan 3%

	Kristen Indonesia Paulus Makassar	0%-2% : 3,09 mm – 3,36 mm, untuk VMA 0%-2% : 21,61% - 20,97%, dan terakhir VFB 0%-2% : 81,36% - 84,18%. Menurut hasil dari penelitian mulai dari kadar penambahan 0%-2% abu tongkol jagung memenuhi Spesifikasi Umum Bina Marga 2018.		
6	“Pemanfaatan Batu Sungai Pappa Kecamatan Polong Bangkeng Utara, Kabupaten Takalar Dalam Campuran AC – WC” (Nari Ro’son, Rais Rachman, Alpius, 2023) Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar.	Hasil penelitian yang dilakukan di laboratoriu Jalan dan Aspal Universitas Kristen Indonesia Paulus Makassar, menunjukkan bahwa karakteristik bahan perkerasan berupa Batu Kali Pappa Kecamatan Polong Bangkeng Utara Kabupaten Takalar memenuhi persyaratan sebagai bahan pembuatan jalan lapisan perkerasan. Melalui uji Marshall diperoleh karakteristik campuran AC – WC dengan kadar aspal 5,50 %, 6,00 %,	Memakai campuran aspal yang sama yaitu aspal AC-WC	Peneliti terdahulu memanfaatkan batuan sebagai bahan tambah sedangkan penelitian saat ini memakai limbah abu bonggol jagung

		6,50 %, 7,00 %, 7,50 %. Hasil pengujian Marshall Immersion campuran AC – WC dengan kadar aspal optimum 5,50 % diperoleh Stabilitas Marshall Sisa sebesar 94,36 % memenuhi Spesifikasi Bina Marga Tahun 2018 yaitu minimal 90 %		
7	“Pemanfaatan Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Dalam Campuran Beton” (Hermansyah, Teguh Dwi Jauhari Umar, Rasdiati, 2022) Universitas Teknologi Sumbawa	Hasil kuat tekan yang didapatkan berdasarkan variasi 0%, 0,1%, 0,2% dan 0,3% menunjukkan angka kuat tekan sebesar 32,05 MPa, 36,48 MPa, 33,09 MPa dan 18,29 MPa pada umur pengujian beton 28 hari, kuat tekan tertinggi terdapat pada variasi 0,1% yaitu 36,48 MPa, ini disebabkan oleh sebaran abu bonggol jagung kesegala arah yang lebih baik atau merata sehingga menghasilkan beton yang lebih kedap, dan bila variasi semakin	Memakai bahan tambah yang sama yaitu limbah abu bonggol jagung	Penelitian terdahulu menggunakan filler untuk campuran beton dengan variasi 0%, 0,1%, 0,2% dan 0,3% sedangkan peneliti saat ini menggunakan filler untuk campuran aspal dengan variasi 0%, 1%, 2% dan 3%.

		tinggi kebutuhan air yang digunakan semakin terbagi ke semua metrial dan mengasilkan nilai slump yang semakin rendah sehingga mengasilkan beton yang susah kedap atau akan mengasilkan beton yang berongga		
--	--	--	--	--

Sumber : Peneliti, 2023

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan abu bonggol jagung sebagai penambah *filler* untuk campuran aspal panas AC-WC, spesifikasi yang digunakan mengikuti standar Bina Marga 2018 divisi 6 dengan metode *Marshall*. Kadar abu bonggol jagung yang digunakan bervariasi antara 0%, 1%, 2% dan 3%. Dengan menggunakan kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5 %, dan 7% sehingga dapat disimpulkan bahwa pengujian campuran abu bonggol jagung sebagai *filler* didapatkan nilai kadar aspal optimum KAO yaitu 5,95%. Sedangkan nilai tertinggi pada *flow* dengan kadar *filler* 3% yaitu sebesar 4,50%,. Stabilitas tertinggi terdapat pada variasi abu bonggol jagung 3% dengan nilai stabilitas sebesar 1448,96%. Nilai VIM terbesar pada variasi abu bonggol jagung 3% dengan nilai VIM sebesar 5,19%, Meningkatkan nilai VFB sampai pada variasi abu bonggol jagung normal atau 0% dengan nilai VFB sebesar 73,96% dan diperoleh nilai MQ yaitu dengan kadar *filler* abu bonggol jagung tanpa *filler* atau 0% didapatkan nilai MQ tertinggi yaitu 405,10 kg/mm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa abu bonggol jagung berpengaruh terhadap karakteristik *Marshall* sebagai penambah filler, membuktikan bahwa penambahan abu bonggol jagung memenuhi Spesifikasi Bina Marga Divisi 6 Tahun 2018.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan di Laboratorium PT. Bukit Bahari Indah timbul beberapa saran terkait pada penelitian ini, antara lain sebagai berikut :

1. Penggunaan kadar *filler* abu bonggol jagung 1% dan 2% dapat diterapkan dilapangan sesuai komposisi dan sebaiknya tidak terlalu tinggi untuk mendapatkan kinerja campuran yang baik terhadap penerapan perkerasan dilapangan.
2. Pemerintah dapat menerapkan lebih luas lagi pemanfaatan limbah abu bonggol

jagung untuk campuran aspal sebagai salah satu bentuk alternatif *recycle* sampah di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

- Asphalt Institute. 2001. *Introduction to Asphalt Manual Series No. 5.8 Edition*. Kentucky. 1-9
- Bina Marga, 2018, Spesifikasi Teknis Ketentuan Agregat Kasar dan Agregat Halus. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- Dapartemen Pekerjaan Umum, 1987. *Petunjuk Perencanaan Perkerasan Jalan Lentur Jalan Raya Dengan Metode Analisa Komponen*. Direktorat Jendral Bina Marga
- Hamirhan, S, 2005. *Perancangan Perkerasan Jalan Raya*. Bandung: Nova
- Hepiyanto, R., & Firdaus, M. A. (2019). Pengaruh Penambahan Abu Bonggol Jagung Terhadap Kuat Tekan Beton K-200. *U Karst*, 3(2), 86-93.
- Hermansyah, H., Umar, T. D. J., & Rasdiati, R. (2022). PEMANFAATAN BONGGOL JAGUNG SEBAGAI BAHAN TAMBAH DALAM CAMPURAN BETON. *Jurnal Kacapuri: Jurnal Keilmuan Teknik Sipil*, 5(1), 131-139.
- Matheus, A., Akhmadali, A., & Mukti, E. T. PENGARUH PENGGUNAAN ABU KELAPA SAWIT SEBAGAI FILLER PADA LAPISAN PERKERASAN ASPAL AC-WC (ASPHALT CONCRETE-WEARING COURSE). *JeLAST: Jurnal PWK, Laut, Sipil, Tambang*, 9(1).
- Nadya Devani. 2022. Pengaruh Plastik Kresek Pada Campuran Laston AC-WC Terhadap Karakteristik Marshall. Skripsi. Jakarta : Institut Teknologi PLN
- Nugraha, M. A., Daryati, D., & Anisah, A. (2021). Pemanfaatan Abu Bonggol Jagung Sebagai Bahan Tambah Semen Pada Pembuatan Bata Ringan Jenis CLC. *Menara: Jurnal Teknik Sipil*, 16(1), 37-43.

- Roesmarkam dan Yuwono, (2002). *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*, Teknik ITS, Surabaya.
- Ro'son, N., & Rachman, R. (2023). Pemanfaatan Batu Sungai Pappa Kecamatan Polong Bangkeng Utara, Kabupaten Takalar Dalam Campuran AC-WC. *Paulus Civil Engineering Journal*, 5(1), 40-49.
- Sukirman, S, 2007. *Beton Aspal Campuran Panas* (Edisi Kedua). Jakarta: Yayasan Obor Indonesia
- Sukirman, Silvia. 2010. *Perencanaan Tebal Sturuktur Perkerasan Lentur* : Bandung :Nova.
- Wisnu, B., & Rachman, R. (2022). Karakteristik Campuran AC–WC Dengan Bahan Tambah Abu Tongkol Jagung. *Paulus Civil Engineering Journal*, 4(4), 610-619.
- Witri, P. R. (2022). PENGARUH PENAMBAHAN ABU SEKAM PADI SEBAGAI FILLER PADA CAMPURAN ASPAL BETON AC-WC. *Abstract of Undergraduate Research, Faculty of Civil and Planning Engineering, Bung Hatta University*, 1(1), 1-2p.