

TUGAS AKHIR

**PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT
KASAR PADA LAPISAN ASPAL AC-WC**

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan untuk Mencapai Derajat
SarjanS1 Pada Program Studi Teknik Sipil.



Disusun :

JOYO SAPUTRA

D01 19 329

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

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR
PEMANFAATAN LIMBAH BETON SEBAGAI PENGGANTI AGREGAT KASAR
PADA LAPISAN ASPAL AC-WC

Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik (ST)
Pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik
Universitas Sulawesi Barat.

Oleh :

JOYO SAPUTRA

D01 19 329

Tanggal Menyetujui,

Tim Pembimbing

Pembimbing 1



Ir. Sutriani, S.T., M.T

NIDN. 0026037803

Pembimbing 2



Hj. Syukuriah Katio, S.T., M.T

NIDN. 0027127606

Mengetahui,

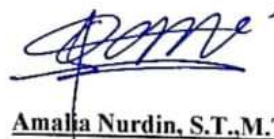
Dekan Fakultas Teknik



Dr. Ir. Hafsah Nirwana, M.T

NIP. 19640405 199003 2 002

Koordinator Program Studi



Amalia Nurdin, S.T., M.T

NIP. 19871212 201903 017

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanggung jawab di bawah ini :

Nama : Joyo Saputra

Nim : D0119329

Program Studi : Teknik Sipil

Fakultas : Teknik

Judul Skripsi : **Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Lapisan Apal AC-WC**

Dengan ini menyatakan bahwa :

Skripsi ini merupakan hasil karya saya sendiri yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar strata 1 di Universitas Sulawesi Barat, semua sumber yang saya gunakan dalam penulisan ini telah saya cantumkan sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Majene, 04 Juli 2023


Joyo Saputra



ABSTRAK
**Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Lapis
Aspal AC-WC**

Joyo Saputra, Ir. Sutriani, S.T., M.T, Hj. Syukuriah Katjo, S.T.,M.T.

Fakultas Teknik Universitas Sulawesi Barat

joyosaputrakalumpang@gmail.com

Pertumbuhan perekonomian di Indonesia yang semakin meningkat ditandai dengan berkembangnya industri menyebabkan peningkatan transportasi. Jalan merupakan infrastruktur utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong kinerja distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Salah satu jenis perkerasan yang digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur, dalam perkerasan lentur ada yang disebut dengan lapisan AC-WC, dalam pembuatan campuran ini tentu membutuhkan agregat dalam jumlah banyak, karena dalam struktur perkerasan 90-95% terdiri dari agregat. Pada penelitian ini menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada lapis aspal AC-WC. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dan untuk menganalisis nilai perbandingan agregat limbah beton dan fress agregate terhadap parameter Marshall sesuai spesifikasi Bina marga 2018 revisi 6. Variasi limbah beton yang digunakan yaitu 0%,10%,30%, 50%,70% dan 100% dengan menggunakan kadar aspal 6,2%. Berdasarkan hasil pengujian limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada VMA nilai yang diperoleh semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018. Meningkatkan nilai VIM terdapat pada variasi 100% sebesar 23,71 tidak memenuhi spesifikasi yakni 3-5%. Untuk VFB nilai semakin menurun dilihat pada variasi 100% yaitu 30,91 kurang dari spesifikasi yang ditentukan yakni minimal 65%. Stabilitas tidak memenuhi pada variasi 100%. Untuk Flow variasi 0%-100% semua memenuhi. MQ nilai tertinggi pada variasi 10% yaitu 466 kg sudah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 yakni Minimal 250 kg. Kadar limbah beton semua memenuhi VIM, VMA, VFB, Flow, Stabilitas dan MQ terdapat pada variasi 0% semua memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 revisi 6.

Kata Kunci : AC-WC, Limbah Beton, Marshall

ABSTRACT

Utilization of Waste Concrete as a Substitute for Coarse Aggregate in AC-WC Asphalt Layers

Joyo Saputra, Ir. Sutriani, S.T., M.T, Hj. Syukuriah Katjo, S.T.,M.T.

Faculty of Engineering, University of West Sulawesi

joyosaputrakalumpang@gmail.com

The increasing economic growth in Indonesia is marked by the development of industry which causes an increase in transportation. Roads are the main infrastructure in driving the wheels of the national and regional economy, given the importance and strategic function of roads to encourage the performance of the distribution of goods and services as well as population mobility. One type of pavement used in Indonesia is flexible pavement, in flexible pavement there is what is called the AC-WC layer, in the manufacture of this mixture of coarse aggregate requires a large amount of aggregate, because in the pavement structure 90-95% consists of aggregate. In this study using concrete waste as a substitute for coarse aggregate on the AC-WC asphalt layer. The purpose of this study is to determine the effect of waste concrete as a substitute for coarse aggregate and to analyze the comparative value of waste concrete aggregate and fresh aggregate against Marshall parameters according to the specifications of Bina Marga 2018 division 6. The variation of concrete waste used is 0%, 10%, 30%, 50%, 70% and 100% using asphalt content of 6.2%. Based on the results of testing concrete waste as a substitute for coarse aggregate at the VMA, the values obtained all met the 2018 Bina Marga specifications. Increasing the VIM value was at a 100% variation of 23.71, not meeting the specifications, namely 3-5%. For VFB, the decreasing value is seen at the 100% variation, which is 30.91, which is less than the specified specification, which is at least 65%. Stability does not meet the 100% variation. For flow variations of 0% -100%, all are satisfied. The highest MQ value at 10% variation, namely 466 kg, meets the 2018 Bina Marga specifications, namely a minimum of 250 kg. The level of concrete waste all meets VIM, VMA, VFB, Flow, Stability and MQ at 0% variation, all meet the 2018 Bina Marga specifications division 6 revision 2.

Keywords: AC-WC, Concrete Waste, Marshall

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan perekonomian di Indonesia yang semakin meningkat ditandai dengan berkembangnya industri menyebabkan peningkatan transportasi. Hal ini diikuti dengan infrastruktur transportasi darat yang kian memadai, salah satunya adalah pembangunan jalan sebagai penghubung antara satu daerah dengan daerah lainnya.

Jalan merupakan infrastruktur utama dalam menggerakkan roda perekonomian nasional dan daerah, mengingat penting dan strategisnya fungsi jalan untuk mendorong kinerja distribusi barang dan jasa sekaligus mobilitas penduduk. Ketersediaan jalan adalah prasyarat mutlak untuk masuknya investasi ke suatu wilayah. Jalan memungkinkan seluruh masyarakat mendapatkan akses pelayanan pendidikan, kesehatan dan pekerjaan. Salah satu jenis perkerasan yang digunakan di Indonesia adalah perkerasan lentur, dalam perkerasan lentur ada yang disebut dengan lapisan AC-WC, dalam pembuatan campuran ini tentu membutuhkan agregat dalam jumlah banyak, karena dalam struktur perkerasan 90-95% terdiri dari agregat. Salah satu material yang banyak digunakan adalah kerikil atau agregat kasar. Penggunaan kerikil atau agregat kasar yang terus menerus dalam jumlah yang besar tentu akan menimbulkan masalah lingkungan di sekitar daerah penambangan tersebut.

Salah satu alternatif yang dapat mengatasi penggunaan agregat baru (fresh aggregate) adalah dengan memanfaatkan limbah beton. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan limbah beton, sebagai pengganti agregat kasar, terhadap karakteristik Marshall pada campuran lapis aspal AC-WC.

Pertumbuhan ekonomi di Indonesia yang signifikan membawa

konsekuensi terhadap pendapatan per kapita dalam jumlah yang besar. Dalam keadaan ini yang mengakibatkan meningkatnya pembangunan seperti gedung, jembatan, jalan, dan berbagai fasilitas publik lainnya yang banyak menggunakan bahan beton (Selvy Yasra, 2014). Penggunaan bahan limbah beton dapat menghemat sumber daya alam dan biaya sekitar 20 untuk 40 persen dibandingkan dengan pekerjaan konstruksi dengan baru serta penggunaan bahan bangunan yang tepat, efisien, dan ramah lingkungan, dan perlu dilakukan pembangunan teknologi infrastruktur jalan dengan menggunakan daur ulang dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat daur (Sudarno, 2015).

Limbah beton merupakan limbah padat yang tidak dapat diangkut oleh air dan tidak dapat digunakan lagi. Limbah beton biasanya dihasilkan dari sisa-sisa atau dari reruntuhan bangunan tua, kegagalan dalam produk beton pracetak, sisa pengujian dari laboratorium, konsumsi berlebihan dari sumber daya, kerusakan material, rework, dan sebagainya.

Dampak limbah beton sangat besar pengaruhnya terhadap lingkungan. Salah satu contoh limbah beton ini adalah polusi bahan kimia, yang disebabkan oleh pelepasan partikel-partikel keudara akibat produksi atau pangangkutan material- material sisah yang dibuang secara sembarangan (Ramachandran et al.,2002).

Dalam penggunaannya, limbah beton memiliki kelebihan dan kekurangan. Material limbah beton, yaitu agregat, semen, dan air yang dicampur sehingga membentuk batuan yang kaku dan keras. Limbah beton memiliki tingkat kekokohan dan kuat tekan yang tinggi. Dari sifat tersebut, limbah beton dapat memberikan keuntungan apabila digunakan sebagai agregat untuk menggantikan agregat alami pada campuran aspal AC-WC.

Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu melakukan percobaan secara langsung di

Laboratorium. Untuk itu dibuat campuran aspal AC-WC dengan kadar limbah beton yang digunakan adalah 0%, 10% 30%, 50%, 70% dan 100% terhadap agregat kasar yang ada dalam campuran.

Oleh karena itu dalam penelitian ini yang ditinjau adalah pengaruh penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada lapisan aspal AC-WC, yang akan diuji dengan pengujian marshall yang meliputi : (VMA), *void in mix* (VIM), *void filled with asphalt* (VFA), dan *Marshall Quotient* (MQ). Berdasarkan uraian diatas maka penulis tertarik melakukan penelitian dengan judul “ **Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Lapis Aspal AC-WC**”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, maka didapatkan rumusan masalah sebagaiberikut:

1. Bagaimana pengaruh limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada aspal AC-WC terhadap karakteristik *marshall* ?
2. Bagaimanakah analisis perbandingan nilai optimum antara pengganti limbah beton dan fresh aggregate untuk campuran AC-WC sesuai spesifikasi Bina Marga 2018?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menganalisis pengaruh karakteristik *marshall* campuran AC-WC yang menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar.
2. Menganalisis nilai optimum perbandingan antara agregat pengganti limbah beton dan fresh aggregate sesuai spesifikasi Bina Marga 2018

1.4 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini menjadi pengetahuan yang baru bagi peneliti yang dapat diaplikasikan dilapangan yang dapat bermanfaat bagi semua orang.
2. Dapat mengurangi penggunaan *fresh aggregate* yang terus menerus di gunakan selain itu juga mengurangi limbah beton yang tidak terpakai dan juga isu lingkungan.
3. Menjadi pengetahuan baru berupa karakteristik agregat pengganti limbah beton.
4. Dapat di gunakan referensi pada penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Masalah

1. Limbah beton yang digunakan adalah sisa-sisa sampel beton yang telah di uji dilaboratorium PT. BUKIT BAHARI INDAH yang bermutu K300
2. Pengujian aspal yan dilakukan adalah Penetrasi, Daktilitas, Titik lembek, Titiknyala, Titik bakar dan berat jenis aspal.
3. Pengujian agregat kasar yang dilakukan adalah keausan, berat jenis dan penyerapan, gradasi, kelekatan agregat terhadap aspal.
4. Aspal yang digunkan adalah aspal pen 60/70.
5. Penggantian agregat kasar dengan persentase limbah beton 0%,10%,30%,50%,70% 100%, terhadap total agregat kasar.
6. Pengujian benda uji menggunakan *marshall test*

1.6 Sistematika Penulisan

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

BAB I : Pendahuluan

Merupakan bab yang memuat latar belakang masalah, rumusan masalah, Batasan masalah, tujuan penelitian , manfaat penilitian, serta sistematika penulisan.

BAB II : Tinjauan Pustaka

Merupakan bab yang memuat tentang gambaran umum mengenai penilitian yang akan dilakukan, material penyusun aspal AC-WC, dan karakteristik campuran aspal AC-WC .

BAB III : Metodologi Penelitian

Merupakan bab yang menjelaskan mengenai Lokasi Penelitian, Bahan dan alat Penelitian Tahapan Penelitian, Sampel Pengujian, Metode Analisa Data dan Bagan Alir Penulisan.

BAB IV : Hasil dan Pembahasan

Merupakan bab yang memuat penjabaran dari hasil-hasil pengujian serta pembahasan data berdasarkan hasil yang telah diperoleh dari pengujian di laboratorium dan teori yang ada.

BAB V : Kesimpulan dan Saran

Merupakan bab bagian akhir 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 Lentur (Flexible Pavement)

Yang dimaksud perkerasan lentur (flexible pavement) adalah perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya, sehingga lapisan perkerasan tersebut mempunyai fleksibilitas / kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya. Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan harus juga memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat keperluan, kemampuan pelaksanaan dan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang direncanakan itu adalah yang lebih optimal.

Pada umumnya perkerasan lentur baik digunakan jalan yang melayani beban lalu lintas ringan sampai dengan sedang, seperti jalan perkotaan, jalan dengan sistem utilitas terletak dibawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstruksi bertahap. Perkerasan lentur (flexible pavement) menurut Hikmayani (2022) adalah perencanaan perkerasan yang umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai sutau lapisan permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan dibawahnya. Perkerasan lentur memakai bahan pengikat aspal, sifat dari perencanaan perkerasan ini adalah memikul beban lalu lintas dan menyebarkannya ke tanah dasar, pengaruhnya terhadap repitisi beban adalah timbulnya rutting (lendutan pada jalur roda). Serta pengaruhnya terhadap penurunan tanah dasar pada jalan yang dibangun. Komponen perkerasan lentur (flexible pavement) adalah sebagai berikut :

1. Tanah Dasar (Sub Grade)

Tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau galian atau permukaantanahtimbunan, yang di dapatkan dan merupakan

permukaan dasar untuk perletakan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan kontruksi perkerasan jalan sangat tergantung dari sifat-sifat dan daya dukung tanah dasar. Fungsi tanah dasar adalah sebagai berikut :

- a. Tanah dasar akan mendukung semua kontruksi jalan dan muatan lalu lintas yang ada di atasnya.
- b. Sebagai tempat perletakan lapis perkerasan dan mendukung kontruksi perkerasan jalan di atasnya.

2. Lapis Pondasi Bawah (Sub Base Course)

Lapis pondasi bawah adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis pondasi dan tanah dasar. Fungsi lapis pondasi bawah adalah sebagai berikut :

- a. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
- b. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan-lapisan selebihnya dapat dikurangi (penghematan biaya).
- c. Untuk mencegah tanah dasar masuk kedalam lapis pondasi.
- d. Sebagai lapis pertama agar pelaksanaan dapat berjalan lancar.

3. Lapis pondasi atas (Base Course)

Lapis pondasi atas adalah bagian perkerasan yang terletak antara lapis permukaan dengan lapis pondasi bawah (atau dengan tanah dasar bila tidak menggunakan lapis pondasi bawah). Fungsi lapis pondasi atas adalah sebagai berikut :

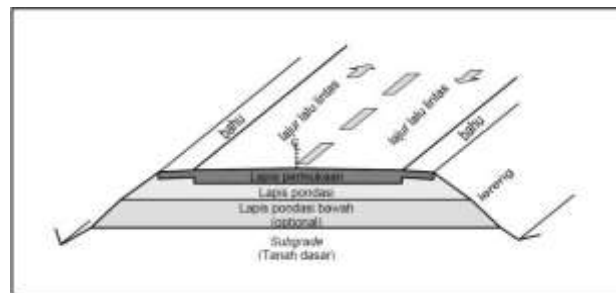
- a. Sebagai bagian perkerasan yang menahan beban roda.
- b. Sebagai perletakan terhadap lapis permukaan.

4. Lapis Permukaan (Surface Course)

Lapisan permukaan adalah bagian perkerasan yang paling atas. Fungsi lapis permukaan adalah sebagai berikut :

- 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).

Perkerasan lentur terdiri dari beberapa lapis yang makin kebawah memiliki daya dukung yang semakin jelek. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur.



Gambar 2.1 Struktur Perkerasan Lentur

Sumber : Sukirman (2010)

Keuntungan memakai perkerasan lentur :

1. Dapat digunakan pada daerah dengan perbedaan penurunan (differential settlement) terbatas,
2. Mudah diperbaiki
3. Tambahan lapisan perkerasan dapat dilakukan kapan saja.
4. Memiliki tahanan geser yang baik
5. Warna perkerasan memberikan kesan tidak silau bagi pemakai jalan.
6. Dapat dilaksanakan bertahap, terutama pada kondisi biaya pembangunan terbatas atau kurangnya data untuk perencanaan.

Kerugian menggunakan perkerasan lentur :

1. Tebal total struktur perkerasan lebih tebal dari pada perkerasan kaku.
2. Kelenturan dan sifat kohesi berkurang sealama masa pelayanan.
3. Frekwensi pemeliharaan lebih sering dari pada menggunakan perkerasankaku.
4. Tidak baik di gunakan jika sering digenangi air.
5. Membutuhkan agregat lebih banyak.

2.2 Aspal

2.2.1 Pengertian Aspal

Menurut (Mashuri, 2010) aspal merupakan material yang berwarna hitam hingga cokelat tua dimana pada temperatur tinggi aspal akan mencair dan padat saat temperatur rendah aspal keras (padat) sehingga aspal merupakan material yang termoplastis.

Aspal adalah material perekat (cementitious) yang bersifat melekat (adhesive), pekat (consistency), viskoelastis, derajat pengerasan, dan tahan terhadap air. Aspal juga sering disebut bitumen. Bitumen diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi. Arti bitumen sendiri adalah senyawa hidrokarbon yang sedikit mengandung sulfur, oksigen, dan klor. Aspal tampak padat pada suhu ruang padahal aspal sebenarnya sebuah cairan yang sangat kental.

Aspal merupakan bahan yang sangat kompleks, dan secara kimia belum terkarakterisasi dengan baik. Kandungan utama aspal adalah senyawa karbon (jenuh maupun tidak), alifatik, dan aromatic yang mempunyai atom karbon hingga 150 per molekul. Selain hidrogen dan karbon, aspal tersusun dari nitrogen, oksigen dan belerang. Secara kuantitatif, 80% dari massa aspal berupa karbon, 10% hidrogen, 6% belerang, dan sisahnya oksigen, nitrogen, besi, nikel, dan vanadium.

2.2.2 Jenis-Jenis Aspal

1. Aspal Alam

Aspal alam adalah aspal yang berasal langsung dari alam tanpa melewati serangkaian proses pengolahan yang rumit. Aspal alam yang bersifat plastis bisa di temukan di Danau pitch, Republik Trinidad. Sedangkan aspal yang memiliki wujud berada di sekitar perairan segitiga Bermuda. Berbeda dengan segitiga Bermuda yang mengandung aspal murni, kandungan aspal yang terdapat di Pulau Buton dan Danau Pitch tidak murni dan tercampur dengan mineral yang lain.

2. Aspal Buatan

Aspal buatan adalah aspal yang terbuat dari minyak bumi yang di proses dengan metode tertentu yang relatif rumit. Proses pembuatan aspal biasa dilaksanakan di 1 indsutri khusus pembuatan aspal. Salah satu aspal minyak ialah aspal keras/cement (AC). Aspal semen pada temperatur ruang (25°C - 35°C) yang berbentuk padat. Aspal semen terdiri dari beberapa jenis tergantung dari minyakbumi asalnya serta proses pembuatannya. Pengelompokkan aspal semen dapat dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C ataupun berdasarkan nilai viskositasnya. Di Indonesia, aspal semen umumnya di bedakan berdasarkan niali penetrasinya yaitu :

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

Di Indonesia pada umumnya di pergunakan aspal semen menggunakan penetrasi 60/70 dan 80/100. Adapun persyaratan aspal

minyak 60/70 ada pada Tabel 2.1 sebagai berikut :

Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Minyak 60/70

N O	Jenis pengujian	Metode	Syarat
1	Penetrasi pada 25° C (0,1 mm)	SNI 2432-2011	60-70
2	Titik lembek ° C	SNI 2432-2011	≥4 8
3	Titik nyala ° C	SNI 2432-2011	≥232
4	Daktilitas pada 25° C (cm)	SNI 2432-2011	≥100
5	Berat Jenis	SNI 2432-2011	≥1,0
6	Berat yang hilang (%)	SNI 06-2440- 1991	≥0,8
7	Penetrasi pada 25° C setelah kehilangan berat (%)	SNI 06-2440- 1991	≥5 4
8	Daktilitas 25° C setelah kehilangan berat (cm)	SNI 2432-2011	≥100

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

Biasanya ada tiga jenis aspal buatan yang sering digunakan di Indonesia antara lain :

- a. Aspal Keras, Adalah aspal yang mempunyai tingkat kekerasan yang tinggi. Penetrasi dari aspal keras berkisar antara 60-80. Aspal keras ini biasanya di gunakan untuk campuran hotmix perkerasan jalan aspal.
- b. Aspal Cair, adalah aspal yang berbentuk cair. Aspal ini juga berfungsi sebagai bahan perkerasan jalan meliputi lapis resap pengikat (primecoat) dengan aspal tipe MC-30, MC-70 atau MC-250. Selain itu juga di gunakan untuk lapis pengikat (tack

coat) dengan tipe R-70 atau RC-250.

- c. Aspal Emulsi adalah aspal yang berbentuk keras yang di dispersikan ke dalam air atau aspal cair yang di keraskan memakai bahan pengemulsi.

2.3 Lapisan Aspal Beton (Laston)

Lapisan aspal beton (laston) merupakan susunan pada bidang perkerasan, bagiannya berupa pencampuran well graded dan campuran aspal, dibentangkan dan dipadatkan pada keadaan panas temperatur tertentu. Agregat yang di perlukan ialah filler, agregat kasar serta agregat halus untuk bahan pengikatnya dari aspal keras pen 40/50, 60/70 atau 80/100 yang seragam, tidak terdapat kandungan air jika dilakukan pemanasan hingga temperatur 175° C dan juga tidak menghasilkan busa serta memenuhi syarat yang telah di tetapkan. Laston dibuat agar mendapatkan suatu lapis antara pada perkerasan jalan yang dapat menghasilkan daya dukung terukur selain itu juga di dimanfaatkan sebagai lapis tahan yang mampu melindungi kontruksi di bawahnya (Bina Marga 1987).

Laston di kelompokkan pada tiga macam campuran dengan kegunaannya antara lain.

2.3.1 Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC)

Asphalt concrete wearing course (ac-wc), merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan Aus. Walaupun bersifat non struktural, AC-WC dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari kontruksi perkerasan. AC-WC mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya.

2.3.2 Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak di bawah lapisan aus (*Wearing Course*), dan diatas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan

cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan di teruskan ke lapisan yang di bawahnya yaitu *Base* dan *Sub Grade* (Tanah Dasar). Karakteristik terpenting pada campuran ini adalah stabilitas.

2.3.3 Asphalt Concrete-Base

Lapisan ini merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapisan pengikat (*AC-BC*), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlumemiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang di sebarakan melalui rodakendaraan. Perbedaan terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang di gunakan. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (1983) Laston atas atau lapisan pondasi atas (*AC-Base*) merupakan pondasi perkerasan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal dengan perbandingan tertentu di campur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Lapis pondasi (*AC-Base*) mempunyai fungsi memberi dukungan lapis permukaan, menyebarkan dan meneruskan beban kontruksi jalan dibawahnya (*Sub Grade*).

Tabel 2.2 Syarat Campuran Laston

Sifat- Sifat Campuran		Last on		
		W C	BC	Bas e
Jumlah tumbukan per bidang		75	75	112
Rasio Partikel lolos ayakan 0,075 mm dengan kadar aspal efektif		Min	0.6	
		Max	1.2	
		Min	3.0	

Rongga dalam campuran /VIM (%)	n			
	Ma x	5.0		
Rongga dalam agregat / VMA (%)	Mi n	15	14	13
Rongga terisi aspal VFA (%)	Ma x	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Mi n	80 0	180 0	
	Ma x	-	-	
Pelelehan (mm)	Mi n	3	3	
	Ma x	4	6	
Marshall Quotient (kg/mm)	Mi n	25 0	300	
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60°C	Mi n	90		
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Mi n	2		

Sumber : Spesifikasi Bina Marga Divisi 6, 2018

2.4 Agregat

Agregat adalah elemen utama yang mengambil beban langsung daei 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 di hasilkan tidak meningkat. Penggunaan butiran agregat kasar lebih di sukai sebab semakin kasar permukaan agregat, semakin besar stabilitas dan daya campuran (Hikmayani, 2022). Secara umum agregat yang di gunkan dalam campuran beraspal yaitu sebagai berikut :

2.4.1 Agregat Kasar

Agregat yang tertahan di saringan terdiri dari kerikil (batu pecah). Butir- butir tersebut dari ukuran kasar sampai halus. Agregat yang di maksud adalah agregat kasar seperti butiran kerikil dengan ukuran 5-40 mm atau agregat yang tertahan pada ayakan No.4 (4,75 mm).Agregat kasar dalam campuran perkerasan aspal di manfaatkan sebagai penyuplai kestabilan dalam campuran. Ketahanan barasi yang tinggi sangat di perlukan bagi agregat kasar terlebih pada penggunaan agregat lapis AC-BC, ketentuan agregat kasar dapat di lihat pada tabel berikut :

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Metode Pengujian	Nilai
Kekekalan bentuk		Natrium sulfat	Maks. 12%
Agregat terhadap pelarutan		SNI 3407-	
		2008	Maks. 18%
Abrasi dengan mesin <i>Los Angeles</i>	Campuran AC modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
	dan SMA (<i>Stone Mastic Asphalt</i>)	500 putaran	Maks. 30%

		100 putaran		Maks. 8%
	semua jenis campuran beraspal bergradasi lainnya	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	Maks. 5%	
	Lainnya	perbandingan 1:5	Maks. 10%	
Material lolos ayakan No. 200			SNI ASTM C117:2012	Maks. 1%

Sumber :Spesifikasi Umum Bina Marga Divisi 6 Perkerasan Aspal 2018

2.4.2 Agregat Halus

Dalam (SNI 03-2847-2002), agregat halus merupakan agregat yang memiliki ukuran butir maksimal 5,0 mm atau agregat yang lolos saringan ayakan (4,75 mm). Agregat halus dapat berupa pasir alam maupun pasir olahan dari industri bahkan gabungan dari pasir alam dan buatan. Agregat halus di manfaatkan sebagaistabilitas campuran serta dapat mengisi rongga dari agregat kasar. Ketentuan agregat halus terdapat pada tabel berikut.

Tabel 2.4 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 %
Gumpalan Lempung dan Butir-butir Mudah Pecah dalam Agregat	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

Agregat yang akan digunakan pada perkerasan harus memperhatikan sifat-sifat agregat yaitu :

2.4.3 Gradasi Agregat Gabungan Campuran Aspal

Gradasi agregat campuran untuk campuran beraspal, ditunjukkan dalam pada tabel 2.5 sebagai berikut :

Tabel 2.5 Gradasi Gabungan untuk campuran aspal

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos terhadap Total Agregat					
		Ston eMatrix Asphalt (SMA)			Laston (AC)		
ASTM	(mm)	Tipis	Halus	Kasar	WC	BC	Base
1 1/2 "	37,5						100
1 "	25			100		100	90 - 100
3/4 "	19		100	90 - 100	100	90 - 100	76 - 90
1/2 "	12,5	100	90 - 100	50 - 88	90 - 100	75 - 90	60 - 78
3/8 "	9,5	70 - 95	50 - 80	25 - 60	77 - 90	66 - 82	52 - 71
No.4	4,75	30 - 50	20 - 35	20 - 28	53 - 69	46 - 64	35 - 54
No.8	2,36	20 - 30	16 - 24	16 - 24	33 - 53	30 - 49	23 - 41
No.16	1,18	14 - 21			21 - 40	18 - 38	13 - 30

No.30	0,600	12 – 18			14 - 30	12 - 28	10 – 22
No.50	0,600	10 – 15			9 - 22	7 – 20	6 – 15
No.100	0,150				6 - 15	5 -13	4 – 10
No.200	0,075	8 – 12	8 - 11	8 – 11	4 - 9	4 – 8	3-7

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga 2018 Divisi 6 Perkerasan Aspal

1. Gradasi

Tergantung pada penggunaan di lapangan, agregat dibedakan dengan penggunaan lapisan agregat tanpa bahan pengikat atau dengan campuran aspal, agregat dibedakan berdasarkan gradasinya. Gradasi merupakan distribusi partikel sesuai ukuran agregat. Gradasi agregat mempengaruhi ukuran rongga *intergranular*, yang menentukan stabilitas dan kemudahan penggunaan di lapangan.

2. Kebersihan

Dalam campuran perkerasan, sebelum agregat digunakan terlebih dahulu dihilangkan zat asing berbahaya, seperti tumbuh-tumbuhan, partikel halus dan gumpalan lumpur. Karena benda asing dapat mengurangi daya rekat aspal ke batu, sehingga permukaan jalan terganggu.

3. Kekuatan dan Kekerasan

Agregat untuk lapisan perkerasan harus tahan terhadap degradasi (patah) yang dapat terjadi selama proses pencampuran, pemadatan, pengulangan beban lalu lintas, dan degradasi (penghancuran) yang terjadi selama umur jalan.

4. Bentuk Permukaan

Bentuk permukaan agregat mempengaruhi kestabilan

lapisan jalan yang dibentuk oleh agregat tersebut. Partikel berbentuk kubus dan sudut tajam menciptakan senyawa yang lebih kuat, menjadikan agregat berbentuk kubus ini paling baik digunakan sebagai bahan bangunan perkerasan.

5. Tekstur Permukaan

Tekstur permukaan yang kasar dan kasar memberikan gaya gesek yang lebih tinggi memungkinkannya menahan gaya pemisah yang bekerja pada batuan. Selain itu, tekstur yang kasar juga memastikan daya rekat yang lebih baik antara aspal dan batu. Batu halus lebih cenderung tertutup aspal, tetapi tidak dapat menahan kelekatan aspal dengan baik. Secara umum, ketika tekstur permukaan menjadi lebih kasar, stabilitas dan durabilitas meningkat pada campuran.

6. Porositas

Porositas memiliki dampak yang besar terhadap nilai ekonomis suatu campuran lapisan perkerasan jalan. Semakin berpori batuan, semakin banyak bitumen yang digunakan. Hal ini disebabkan daya serap batuan aspal yang lebih besar.

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 2010 Revisi 1 adalah :

1. Bahan pengisi terdiri dari debu batu gamping, kapur terhidrasi, semen atau *flyash* 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.

- Semua campuran aspal harus mengandung minimal 1% dan maksimum 2% bahan pengisi yang ditambahkan dari total berat agregat.

Tabel 2.6 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 Semen Portland

Semen *portland* terbuat dari batu kapur (*limestone*) dan mineral lainnya yang dicampur menjadi satu serta dibakar dalam tungku, kemudian bahan tersebut berubah menjadi bubuk. Ketika dicampur dengan air, serbuk mengeras dan membentuk ikatan yang kuat karena reaksi kimia (Putrowijoyo, 2006). Komposisi senyawa kimia dari semen *portland* adalah sebagai berikut dalam Tabel 2.7:

Tabel 2.7 Komposisi Semen Portland

N	Oksidasi	Lambang	Kode	Presentase
1	Calcium Oxide	CaO	C	60-50
2	Magnesium Oxide	MgO	M	0-5
3	Aluminium Oxide	AL2O3	A	4-8
4	Ferric Oxide	Fe2O3	F	2-5
5	Silicon Oxide	SiO2	S	20-24
6	Sulfur Oxide	S13	S	1-3

Sumber : Putri wijoyo 2006

2.7 Limbah Beton

Agregat daur ulang adalah agregat yang di dapatkan dari beton yang rusak, di buang tulangnya dan di hancurkan lagi dalam ukuran dan gradasi yang lebih spesifik, (ACI Education Bulletin EI-07 2007).

Limbah beton dapat di temukan di mana-mana, dengan seiring

berkembangnya pembangunan di Indonesia baik gedung, jalan, jembatan. Limbah beton dapat kita temukan dengan adanya pembongkaran untuk gedung yang sudah tidak layak atau bangunan tua. Daur ulang beton merupakan suatu bahan komposisi (campuran) dari beberapa material, yang bahan utamanya terdiri dari campuran antara semen, agregat kasar, agregat halus, air dan atau dengan bahan tambah lain dengan perbandingan tertentu yang di peroleh dari proses ulang material yang sebelumnya tak terpakai lagi. Proses dalam mendapatkan daur ulang limbah beton ini sebagai berikut, beton bekas yang sudah tidak terpakai di hancurkan dengan alat penghancur atau dengan cara menghancurkan secaramanual sehingga menjadi agregat dengan ukuran yang diinginkan, lalu agregat hasil penghancuran tersebut di gunakan kembali.

Limbah beton merupakan hasil dari pembongkaran kontruksi bangunan dan material yang sudah bukanlah murni agregat alam, melainkan terdapat bahan-bahan berupa semen dan air yang menyatu jadi pasta. Pemakain limbah beton pada sebagai pengganti agregat kasar terhadap lapis aspal AC-WC di harapkan mampu mengurangi penggunaan material alam. Limbah padat tersebut berupa bongkaran beton dari kontruksi bangunan. Oleh karena itu penelitian ini limbah beton akan dicoba sebagai material bahan pengisi campuran lapis aspal AC-WC dan untuk melihat apakah dapat memberikan dampak positif terhadap campuran lapis aspalAC-WC.

Sebagai mana di peroleh dari penelitian sebelumnya (Dhir, 1998 dan Hansen, 1992). Pada penelitian yang dilakukan di peroleh hasil .

1. Gradasi Bentuk dan tekstur serta diameter butiran agregat daur ulang samadengan agregat alam. Hal ini dikarenakan ukuran butiran dapat diatur pada alat pemecahnya dan saringannya.
2. Kandungan Mortar dan Pasta Semen Kandungan mortar dan pasta semen yang mengeras, yang ada pada agregat daur ulang berkisar

antara 20 – 35 % untuk agregat kasar dan untuk agregat halus kurang lebih 45 – 60%. Kandungan mortar dan pasta semen tersebut mengakibatkan kekerasannya menurun dan adanya pasta semen yang mengeras disekeliling agregat kasar juga mengakibatkan permukaannya lebih licin sehingga bisa temu pada material beton agregat daur ulang menjadi lebih banyak. Hal ini menunjukkan sifat yang berbeda dengan agregat alam dan akan berpengaruh terhadap kekuatan tekan beton yang dibentuknya.

3. Berat Jenis Berat jenis agregat daur ulang lebih rendah dari agregat alam, yaitu 2100 – 2500 kg/m³ untuk agregat daur ulang (Hansen, 1992) sedangkan agregat alam mempunyai berat jenis 2400 – 3000 kg/m³ (Nevile, 1996).
4. Penyerapan Air Penyerapan air atau absorpsi yang terjadi pada agregat daur ulang sebesar 3 – 10 % (Hansen, 1992) sedangkan absorpsi agregat alam sebesar 0.2% - 4.5% (Nevile, 1996).

2.8 Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal optimum diperkirakan dengan menentukan kadar aspal rencana terlebih dahulu secara empiris dengan persamaan 2.1

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

Dengan:

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

CA = Agregat tertahan saringan No.8 (agregat lolos saringan ¾” – 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.

$$f = d - e \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

- g = Nilai density (gr/cc)
- c = Berat benda uji sebelum direndam (gr)
- d = Berat benda uji dalam keadaan jenuh/SSD (gr)
- e = Berat dalam air (gr)
- f = Volume/isi (cm³)

2. VIM (Void in the mix)

Rongga udara dalam campuran (V_a) 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 :

$$VIM = 100 - \left(100 \times \frac{G_{mb}}{G_{mm}} \right) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- VIM = Rongga udara pada campuran, (%)
- G_{mm} = Berat jenis campuran maksimum setelah pemadatan (gr/cc)
- G_{mb} = Berat jenis bulk campuran setelah pemadatan, (gr/cc)

3. VMA (Void 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:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times (100 - p_b)}{G_{sb}} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk
- G_{mb} = Berat jenis bulk campuran padat
- G_{sb} = Berat jenis bulk agregat

Pb = Kadar aspal persen terhadap berat total campuran

4. VFA (*Void filled with aspal*)

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 :

$$VFA = \frac{100 (VMA - VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan:

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

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

VIM = Persentase rongga udara pada campuran, (%)

5. Kelelahan (*Folow*)_

Flow adalah tingkat kelelahan 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 diameterawal benda uji sebelum pengujian dengan rata-rata diameter benda uji setelah pengujian.

6. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitaspada 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 :

$$S = P \times q \dots\dots\dots (2.7)$$

Keterangan :

S : Nilai stabilitas (kg)

P : Pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

Q ; Angka koreksi tebal benda uji

7. Hasil bagi marshall (MQ)

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

$$MQ = \frac{S}{F} \dots\dots\dots(2.8)$$

Keterangan :

MQ = *Marsahll Quetient (kg/mm)*

S = Nilai stabilitas toleransi (kg)

F = Nilai flow (mm)

2.10 Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu tentang aspal modifikasi tentang campuran limbah beton atau penggantian agregat kasar dengan limbah beton dapat dilihat pada table 2.8 berikut.

Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

No	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian dan kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
1	“Pemanfaatn limbah beton sebagai agregat pengganti pada campuran Asphalt Concrete Binder Course (AC-BC)” (<i>Y Yasra 2014</i>)	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja agregat limbah beton dalam menggantikan agregat batuan sebagai bahan perkerasan jalan pada campuran AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course).	Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa limbah beton dengan variasi 70% dan 100% dapat digunakan sebagai agregat kasar pengganti untuk agregat lolos saringan $\hat{A}^{3/4}$ dan tertahan saringan $\hat{A}^{1/2}$ serta yang lolos saringan $\hat{A}^{1/2}$ tertahan saringan $\hat{A}^{3/4}$ karena nilai volumetrik, Marshall, dan RMS memenuhi spesifikasi .	Mendaur Ulang Limbah Beton Sebagai Ag Regat kasar	Jenis lapisan aspal dan persentase penambahan limbah beton.

2	“ Pengaruh penggunaan Limbah Beton sebagai Agregat Kasar Pada campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite “ (<i>B Prawiro, NPO Tarigan, L Djakfar, H Bowoputro 2014</i>)	Untuk mengetahui komposisi optimum limbah beton yang di gunakan sebagai agregat kasar pada campuran aspal porus, dan kadar aspal optimum. Setelah itu dilakukan penelitian tahap selanjutnya untuk mendapatkan pengaruh penambahan Gilsonite terhadap karakteristik marshall	Dengan penambahan Gilsonite HMA Modifier Grade, mampu membuat nilai VIM pada campuran aspal porus yang menggunakan limbah beton sebagai agregat kasar menjadi memenuhi syarat yang di tentukan yaitu antara 18-25%. Penambahan Gilsonite tersebut juga meningkatkan nilai stabilitas campuran.	Penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar.dan karaktersitik marshall	Kadar campuran dan perlakuan yang beda.
---	---	--	--	--	---

No	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian dan kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
3.	Analisa karakteristik Marshall pada campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) menggunakan limbah	Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik Marshall apabila digunakan sebagai pengganti sebagian agregat kasar pada jenis campuran AC-BC	Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar memenuhi spesifikasi yang disyaratkan pada Bina Marga 2010	Untuk mengetahui nilai karakteristik marshall	Persentase Limbah be-Ton yang berbeda

	<p>beton sebagai coarsa agregat” (<i>IB Muhammad, SR Harnaeni 2016</i>)</p>	<p>(Asphalt Concrete-Binder Course</p>	<p>sebagai pengganti agregat kasar pada campuran AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course). Penggantian sebagian agregat kasar menggunakan limbah berpengaruh pada karakteristik Marshall dan diperoleh kadar beton optimum 8% terhadap total agregat kasar dan dari hasil penelitian di dapat VIM ,VMA dan Flow mengalami kenaikan, sedangkan Stabilitas, Marshall Quetient dan VFWA mengalami penurunan. Nilai VIM terbesar di peroleh pada kadar limbah beton 80% yaitu 15,8 %, VMA terbesar pada kadar limbah beton 80% yaitu 26,99%, Flow terbesar pada kadar limbah beton 80% yaitu 4,5</p>		
--	---	--	--	--	--

			mm, untuk stabilitas nilai terbesar pada campuran tanpa limbah betonyaitu 1638,07 kg, untuk Marshall Quetient nilai terbesar pada campurantanpa limbah beton yaitu 512,13kg/mm, sedangkan nilai VFWAterbesar juga di dapat pada campurantanpa limbah beton yaitu 77,96%		
4.	<p>“Pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar 10/10 pada lapisan ATB (Asphalt Tretaed Base) ditinjau dari Karakteristik Marshall ”</p> <p>(R Sutrisno 2020))</p>	<p>Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar 10/10 pada campuran ATB ditinjau dari karakteristik Marshall.</p>	<p>Dari hasil penelitian yang dilakukan maka diperoleh : Agregat limbah beton yang berasal dari Laboraturium Bahan Kontruksi Universitas Negeri Malang telah memenuhi spesifikasi dan layak digunakan sebagai campuran perkerasan jalan. Penggunaan limbah beton sebagai bahan pengganti agregat kasar 10/10 pada lapisan ATB</p>	<p>Untuk mengetahui karakteristik Marshall.</p>	<p>Kadar campuran dan perlakuan yang beda.</p>

			berpengaruh atau memberikan perbedaan yang signifikan. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil pengujian hipotesis, dimana $F_{hitung} > F_{tabel}$. Nilai stabilitas pada kadar limbah beton 0% sebesar 1048,56 kg dan pada kadar limbah beton 100% sebesar 842,41 kg. nilai karakteristik yang diharapkan pada campuran memenuhi batasan yang telah ditetapkan oleh Dinas Bina Marga 2018 seperti nilai stabilitas, flow.		
No	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian dan kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
5.	“Pemanfaatan Limbah beton sebagai pengganti agregat dalam campuran lapis tipis aspal beton	Salah satu upaya untuk memperbaiki kerusakan jalan raya adalah pengembangan teknologi recycling terhadap	Hasil pengujian mendapatkan variasi yang terbaik pada variasi 52% limbah. Dari variasi tersebut didapatkan nilai Stabilitas 1011,64 kg, Flow 3,36%,	Untuk mengetahui nilai karakteristi	Jenis lapisan aspal dan persentase

	(Hot Rolled Sheet-wearing course Hrs-Wc)” (<i>Suwastika 2019</i>)	perkererasan jalan raya. Disisi lain, limbah beton merupakan hasil buangan yang mudah sekali dijumpai di Indonesia. Memanfaatkan material limbah beton sehingga dapat digunakan kembali dengan nilai yang lebih ekonomis	VIM 5,65%, VMA 21,15%, Marshall Quotient 306,01 kg/mm, VFA72,84%. Semua hasil pengujian pada variasi memenuhi persyaratan spesifikasi HRS–WC yang telah ditetapkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga 2018.	kmarshall	penambahan limbah beton.
6.	“Pemanfaatan penggunaan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar dan medium pada campuran Laston Ac-Bc (Asphalt Concrete-Binder course) dengan penambahan Zat antistripping Agent (<i>Mr Darmawan 2019</i>)	Tujuan penelitian ini adalah Untuk membatasi penggunaan agregat baru (fresh aggregate) dari alam ini sudah banyak dikembangkan teknologi daur ulang untuk perkerasan jalan. Salah satu bahan limbah yang akan dicoba untuk mengganti agregat baru pada penelitian ini	Hasil Marshall Test campuran memakai batuan alam dengan perendaman 24 jam diperoleh nilai VIM, Stabilitas, Kelelehan, dan MQ yang memenuhi syarat SNI dan pada campuran memakai limbah beton dengan perendaman 24 jam diperoleh nilai VMA, Stabilitas, Kelelehan, dan MQ yang memenuhi syarat sifat-sifat	Untuk mengetahui karakteristik kMarshall.	Kadar campuran limbah beton yang berbeda

		yaitu limbah beton.	campuran. Nilai stabilitas batuan alam sebesar 2794.930 Kg dan nilai Stabilitas limbah beton sebesar 2306.507 Kg. Hasil IKS pada campuran batuan alam sebesar 94.4% dan pada campuran limbah beton 92.6%. keduanya memenuhi syarat minimal yaitu sebesar >75%.		
--	--	---------------------	--	--	--

No	Judul Penelitian	Tujuan Penelitian	Hasil Penelitian dan Kesimpulan	Persamaan	Perbedaan
7.	“Pemanfaatan limbah beton sebagai agregat kasar pada aspal berongga menggunakan aspal penetrasi 60/70	Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan nilai karakteristik <i>marshall</i> pada setiap kadar aspal yang direncanakan dari campuran aspal berongga	Dari hasil pengujian didapat nilai karakteristik marshall dari campuran aspal berongga didapat nilai tertinggi terdapat pada kadar aspal 7 % dimana nilai Stabilitas yaitu 2950,13	Penggunaan limbah beton dan karakteristik marshall	Yaitu pengujian yang berbeda

	(A Gasruddin 2019)	dengan memanfaatkan limbah beton sebagai agregat kasar	kg, nilai Kelelehan/ <i>Flow</i> yaitu 2,63 mm, nilai VIM/ Porositas yaitu 19,86 % dan nilai <i>Permeabilitas</i> yaitu 0,42 ltr/dtk sedangkan nilai yang terendah terdapat pada kadar aspal 4% dimana nilai Stabilitas yaitu 1669,37 kg, nilai Kelelehan/ <i>Flow</i> yaitu 5,83 mm, nilai VIM/ Porositas yaitu 22,56 % dan nilai <i>Permeabilitas</i> yaitu 0,54ltr/dtk.		
--	--------------------	--	--	--	--

Sumber peneliti 2023

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dengan menggunakan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada lapisan aspal AC-WC, dengan menggunakan KAO 6,2% dan variasi limbah beton 0%, 10%, 30%, 50%, 70%, dan 100% maka dapat disimpulkan bahwa pengaruh penggunaan limbah beton terhadap nilai VMA dari variasi 0% samapai dengan 100% semua nilai VMA memenuhi spesifikasi. Kemudian semakin tinggi kadar limbah beton maka nilai VIM semakin meningkat, untuk VFB semakin tinggi kadar limbah beton maka nilai VFB semakin menurun pada variasi untuk 10-100% nilai VFB tidak memenuhi spesifikasi. Kemudian stabilitas pada variasi 100% nilai stabilitas turun 459 kg, dan untuk nilai *flow* semua memenuhi. Dan untuk nilai MQ yang terendah di dapatkan pada variasi 100% dengan nilai 168 kg/mm.

Berdasarkan analisis perbandingan nilai optimum antara limbah beton dan fresh aggregate dapat disimpulkan bahwa untuk nilai VIM pada penggunaan agregat alami telah memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 divisi 6 yaitu minimal 3-5%, dan untuk VIM limbah beton nilai semakin meningkat seiring bertambahnya variasi limbah beton yang digunakan dan melebihi spesifikasi yang telah ditentukan. Untuk nilai VFB penggunaan limbah beton semakin menurun seiring bertambahnya variasi limbah beton yang digunakan, untuk agregat alami telah memenuhi spesifikasi yaitu min 65%, untuk nilai VMA limbah beton dan agregat alami semua memenuhi spesifikasi. Nilai stabilitas pada limbah beton tidak memenuhi pada variasi 100% dan untuk agregat alami telah memenuhi spesifikasi, nilai *flow* pada agregat alami dan limbah beton semua masuk dalam spesifikasi Bina Marga 2018 dan untuk MQ pada agregat alami telah memenuhi spesifikasi yaitu min 250 kg/mm, dan pada limbah beton nilai MQ yang tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga 2018 divisi 6 revisi 2 terdapat pada variasi 100% yaitu 168 kg/mm.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut:

1. Penggunaan bahan tambah limbah beton 10%, 30%, 50%, 70% dan 100% tidak dapat diterapkan di lapangan sesuai komposisi, dan sebaiknya tidak terlalu tinggi untuk mendapatkan kinerja campuran yang baik terhadap penerapan perkerasan di lapangan.
2. Perlu dilakukan pengujian abrasi pada material limbah beton yang akan digunakan agar bisa mendapatkan hasil yang maksimal.
3. Diperlukan ketelitian mulai dari penentuan proporsi agregat sampai dengan pengujian marshall test untuk memperkecil kesalahan pada saat melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Siang, R., & Makmur, A. (2020). Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Terhadap Parameter Marshall Campuran Beraspal Berpori. Forum Studi Transportasi antar-Perguruan Tinggi (FSTPT)-Universitas Katolik Parahyangan.
- Suwastika, P., & Wisudawan, M. (2019). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet-Wearing Course, HRS-WC*) (Doctoral dissertation, ITN Malang).
- Andhikatama, A., & Harnaeni, S. R. (2013). Pemanfaatan limbah beton sebagai pengganti agregat kasar pada campuran asphalt concrete-wearing course gradasi kasar (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).
- Yasra, S. (2014). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti Pada Campuran Asphalt Concrete *âc*“Binder (AC-BC) (Doctoral dissertation, Universitas Gadjah Mada).
- Sukirman, S. (2010). Perencanaan Tebal Struktur Perkerasan Lentur. *Bandung: Nova*.
- Bina Marga, (2018). Spesifikasi Teknis Ketentuan Agregat Kasar dan Agregat Halus. *Departemen Pekerjaan Umum: Jakarta*.
- Prawiro, B., Tarigan, N. P. O., Djakfar, L., & Bowoputro, H. (2014). *Pengaruh Penggunaan Limbah Beton Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Porus Dengan Tambahan Gilsonite* (Doctoral dissertation, Brawijaya University).
- Muhammad, I. B., & Harnaeni, S. R. (2016). *Analisa Karakteristik Marshall*

Pada Campuran Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC) Menggunakan Limbah Beton Sebagai Coarse Agregat (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta).

Sutrisno, R. (2020). Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar 10/10 Pada lapisan ATB (Asphalt Treated Base) Ditinjau dari *Karakteristik Marshall* (Doctoral dissertation, Institut Teknologi Nasional Malang).

Suwastika, P., & Wisudawan, M. (2019). *Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Dalam Campuran Lapis Tipis Aspal Beton (Hot Rolled Sheet-Wearing Course, HRS-WC)* (Doctoral dissertation, ITN Malang).

Darmawan, M. I. (2019). Pemanfaatan Penggunaan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar dan Medium Pada Campuran Laston AC-BC (Asphalt Concrete-Binder Course) Dengan penambahan Zat Additivi Antistripping Agent (Doctoral dissertation, Universitas Mercu Buana Jakarta).

Gasruddin, A. (2019). Pemanfaatan limbah beton sebagai agregat kasar pada aspal berongga menggunakan aspal penetrasi 60/70. *Jurnal Media Inovasi Teknik Sipil Unidayan*, 8(1), 70-80.

Yasra, Selvi. 2014. Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Agregat Pengganti Pada Campuran Asphalt Concrete – Binder Course (Ac-Bc). Universitas Gadjah Mada: Yogyakarta

Jemmy, F. (2019). Perbuatan MR Merusak Pengerjaan Pengecoran Jalan Khusus Ditinjau Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2004 tentang Jalan.

- No, U. U. (22). Tahun 2009 tentang. *Lalu lintas dan angkutan jalan*, 60.
- Waroatul, H. (2022). *Kajian pena,bahan serbuk limbah plastik pada campuran aspal panas terhadap nilai karakteristik marshall* (Doctoraldissertation,Universitas_Muhammadiyah_Mataram)
- Risky, N. (2021). *Pengaruh substitusi styrofoam pada campuran Asphalt Concrete–Binder Course (AC-BC) dengan pengujian marshall* (Doctoral dissertation, UMSU).
- Marga, S. U. B. (2018). Divisi 6. *Tentang Perkerasan Aspal*.
- Taku, K. J., Amartey, D. Y., & Kassar, T. (2015). Effect of acidic curing environment on the strength and durability of concrete. *Civil and Environmental Research*, 7 (12): 8-13. [www. iiste.org](http://www.iiste.org).
- Rahaditya, D. R. (2012). Studi Penggunaan Serbuk Bata Merah Sebagai Filler Pada Perkerasan Hot Rolled Sheet–Wearing Course (HRS-WC).
- Putrowijoyo, R. (2006). *Kajian laboratorium sifat marshall dan durabilitas asphalt concrete-wearing course (ac-wc) dengan membandingkan penggunaan antara semen portland dan abu batu sebagai filler* (Doctoral dissertation, program Pascasarjana UniversitasDiponegoro).
- Nainggola, D. C. (2021). Pengaruh penambahan limbah karet ban dalam bekas kendaraan terhadap karakteristik marshall pada campuran beton A.