SKRIPSI

PENGGUNAAN ABU BATU KARANG SEBAGAI *FILLER* DAN PASIR BESI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN AC-BC

Diajukan guna memenuhi persyaratan untuk mencapai gelar

Sarjana jenjang strata 1 – (S1), Jurusan Teknik Sipil,

Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Mataram

Disusun Oleh**:**

PUTRA WIJAYA
418110181

PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
TAHUN AJARAN 2022/2023

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING SKRIPSI

PENGGUNAAN ABU BATU KARANG SEBAGAI *FILLER* DAN PASIR BESI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN AC-BC

Disusun Oleh:

PUTRA WIJAYA
418110181

Mataram, 7 Januari 2023

PEMBIMBING I	PEMBIMBING II
Ir. Isfanari, ST., MT.	**Anwar Efendy, ST., MT.**
NIDN. 0830086701	**NIDN. 0811079502**

Mengetahui,
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
FAKULTAS TEKNIK
Dekan,

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah,ST.,M.Sc.
NIDN. 0806027101

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI SKRIPSI

PENGGUNAAN ABU BATU KARANG SEBAGAI *FILLER* DAN PASIR BESI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* PADA CAMPURAN AC-BC

Yang Dipersiapkan dan Disusun Oleh:

NAMA : PUTRA WIJAYA

NIM : 418110181

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji

Pada hari Senin, 9 Januari 2023

dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

Penguji I : Ir. Isfanari, ST., MT. _____

Penguji II : Anwar Efendy, ST., MT. _____

Penguji III : Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. _____

Mengetahui,

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

FAKULTAS TEKNIK

Dekan,

Dr. H. Aji Syailendra Ubaidillah,ST.,M.Sc.

NIDN. 0806027101

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Putra Wijaya

NIM : 418110181

Program Studi : Teknik Sipil

Judul Skripsi : Penggunaan Abu Baru Karang Sebagai Filler Dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran AC-BC

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul Penggunaan Abu Baru Karang Sebagai Filler Dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter Marshall Pada Campuran AC-BC adalah benar-benar hasil karya saya sendiri dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pikiran orang lain. Sumber informasi yang digunakan bak dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah dicantumkan dalam daftar pustaka pada skripsi ini.

Apabila pada kemudian hari dapat dibuktikan bahwa skripsi ini adalah hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Mataram, 16 januari 2023

Putra Wijaya

418110181

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT
Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram
Website : http://www.lib.ummat.ac.id E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Putra Wijaya
NIM : 418110181
Tempat/Tgl Lahir : Dasan Makam, 26-11-1998
Program Studi : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
No. Hp : 085 243 405 011
Email : Putrawijaya26@gmail.com

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi/~~KTI/Tesis~~* saya yang berjudul :

"Penggunaan Abu Batukarang Sebagai Filler dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter Marshall pada Campuran AC-BC"

Bebas dari Plagiarisme dan bukan hasil karya orang lain. 42%

Apabila dikemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian dari Skripsi/KTI/Tesis* tersebut terdapat indikasi plagiarisme atau bagian dari karya ilmiah milih orang lain, kecuali yang secara tertulis disitasi dan disebutkan sumber secara lengkap dalam daftar pustaka, saya ***bersedia menerima sanksi akademik dan/atau sanksi hukum*** sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Muhammadiyah Mataram.

Demikain surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya tanpa ada paksaan dari siapapun dan untuk dipergunakan sebagai mana mestinya.

Mataram, 10 - Februari - 2023
Penulis

METERAI TEMPEL 10000 AEEFEAKX281611351

Putra Wijaya
NIM. 418110181

Mengetahui,
Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos.,M.A.
NIDN. 0802048904

*pilih salah satu yang sesuai

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PIMPINAN PUSAT MUHAMMADIYAH

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM

UPT. PERPUSTAKAAN H. LALU MUDJITAHID UMMAT

Jl. K.H.A. Dahlan No.1 Telp.(0370)633723 Fax. (0370) 641906 Kotak Pos No. 108 Mataram

Website : http://www.lib.ummat.ac.id E-mail : perpustakaan@ummat.ac.id

SURAT PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH

Sebagai sivitas akademika Universitas Muhammadiyah Mataram, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : PUTRA WIJATA

NIM : 418110181

Tempat/Tgl Lahir : Pasar Matam 26 - 11 - 1998

Program Studi : TEKNIK SIPIL

Fakultas : TEKNIK

No. Hp/Email : 085243405011

Jenis Penelitian : ☑ Skripsi ☐ KTI ☐ Tesis ☐ .....

Menyatakan bahwa demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Mataram hak menyimpan, mengalih-media/format, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Repository atau media lain untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama ***tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta*** atas karya ilmiah saya berjudul:

"Penggunaan abu batu karang sebagai filler dan pasir besi sebagai agregat halus terhadap parameter MARSHALL pada campuran AC - BC"

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah ini menjadi tanggungjawab saya pribadi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya tanpa ada unsur paksaan dari pihak manapun.

Mataram, 10 Februari 2023

Penulis

METERAI TEMPEL 10000 44409AKX281611356

PUTRA WIJATA

NIM. 418110181

Mengetahui,

Kepala UPT. Perpustakaan UMMAT

Iskandar, S.Sos.,M.A.

NIDN. 0802048904

MOTTO

"*Apapun Yang Menjadi Takdirmu Akan Mencari Jalannya Menemukanmu*"

(Ali Bin Abi Thallib)

"Terlambat Bukan Berarti Tertinggal, Tetapi Menyusul"

(Penulis)

LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamualikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan kelancaran sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya, skripsi ini merupakan hasil perjuangan yang cukup menguras tenaga, pikiran dan uang dan teriring dengan waktu, kesabaran, ketekunan dan do'a skripsi yang berjudul " Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai *Filler* Dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* Pada Campuran AC-BC " ini dipersembahkan kepada pihak-pihak yang selalu membantu dalam segala kondisi, ucapan terimakasih tak terhingga ini penulis ucapkan kepada:

1. Allah SWT yang memberikan nikmat yang tak terhingga dan tauladan terhebat yakni Nabi Muhammad SAW, yang merupakan Mu'robbi terbesar dalam hidup.
2. Rasa hormat dan terimakasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua (ibu dan bapak) yang tak pernah merasa lelah memberikan do'a, kasih sayang, pengertian, dorongan semangat, materi dan suport serta menjadi motivasi terbesar sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitiannya tepat pada waktunya.
3. Terimakasih kepada keluarga tercinta yang telah memberikan suport sehingga skripsi ini dapat terselesaikan tepat pada waktunya.
4. Rasa hormat dan terimakasih kepada kedua dosen pembimbing skripsi yakni pembimbing I Ir. Isfanari, ST., MT. dan pembimbing II Anwar Efendy, ST., MT. yang telah mengarahkan dan sabar dalam membimbing sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Terimakasih kepada seluruh Civitas Akademik Fakultas Teknik UMMAT khususnya dosen Teknik Sipil UMMAT yang telah berbagi ilmu.
6. Terimakasih kepada semua teman-teman yang tidak disebutkan namanya (Teknik Sipil Angkatan 2018)

7. Untuk kampus Universitas Muhammadiyah Mataram, terimakasih karena telah menjadi tempat untuk menuntut ilmu sebagai bekal di masa yang akan datang.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap dapat diapresiasi dengan baik. Terimakasih,

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

KATA PENGANTAR

بِسْمِ ٱللَّهِ ٱلرَّحْمَٰنِ ٱلرَّحِيمِ

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan karunianya penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul "Penggunaan Abu Batu Karang Sebagai *Filler* dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Terhadap Parameter *Marshall* Campuran AC-BC". Salawat beserta salam tidak lupa pula kita haturkan kepada junjungan alam Nabi besar Nabi Muhammad SAW. dan pada keluarga, sahabat, yang telah berjuang dalam segala hal, berkorban jiwa dan raga untuk menghilangkan kebodohan di muka bumi ini, kepada kita penerus setelah mereka. Sehingga kita bisa merasakan kedamaian dalam menuntut ilmu.

Penulisan skripsi ini banyak sekali mendapat bantuan, saran dan bimbingan dari segala pihak sehingga pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan dan rasa terima kasih kepada:

1. Drs. Abdul Wahab, MA selaku Rektor Universitas Muhammadiyah Mataram.
2. Dr. Aji Syailendra Ubaidillah, ST., M.Sc selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammaiyah Mataram.
3. Agustini Ernawati, ST., M.Tech. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Mataram.
4. Isfanari, ST., MT. sebagai pembimbing I dan Anwar Efendy, ST., MT. sebagai pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan koreksi mendetail secara terus-menerus tanpa ada rasa bosan di tengah kesibukan yang sedang dijalani.
5. Dr. Heni Pujiastuti, ST., MT. selaku dosen penguji.
6. Kedua orang tua yaitu bapak Ruslan dan Ibu Nurhidayati yang telah memberikan limpahan kasih sayang yang begitu berlimpah, *do'a-do'a* mereka yang tidak pernah putus untuk kesuksesan penulis serta dukungan dan suport yang luar biasa untuk penulis.
7. Semua rekan-rekan dan kerabat baik yang secara langsung dan tidak langsung telah memberikan suport yang begitu besar kepada penulis.

Beribu-ribu rasa terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak tersebut, semoga amal kebaikannya mendapat rahmat yang berlimpah dari Allah Swt. Penulis menyadari bahwa masih banyak kesalahan dalam penyusunan skripsi ini.

Maka dari itu penulis mengharapkan saran seluas-luasnya dari pembaca yang kemudian akan penulis jadikan sebagai evaluasi. Dengan itu penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya, karena memang manusia tidak luput dari lupa dan kesalahan.

Demikian, semoga skripsi ini bisa diterima sebagai ide atau gagasan yang menambah kekayaan intelektual. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan juga untuk penulis sendiri.

Mataram, 9 januari 2023

PUTRA WIJAYA
NIM: 418110181

ABSTRAK

Jalan raya merupakan prasarana transportasi darat yang sangat penting untuk menunjang aktifitas manusia, Semakin meningkatnya pembangunan jalan maka semakin meningkat pula produksi dari campuran aspal tersebut dimana pada penelitian ini menggunakan limbah dari alam yang tidak terpakai seperti abu batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus menggunakan metode *Marshall* pada campuran aspal AC-BC.

Penelitian yang dilakukan menggunakan kadar aspal optimum 5,1 % dimana untuk campuran agregat pembuatan benda uji dengan variasi abu batu karang dan pasir besi sebanyak 0%:0%, 0,5%:5%, 1%:10, dan 1,5%:15%. Tujuan dilakukannya penelitian ini untuk mengetahui penggunaan abu batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus terhadap nilai karakteristik *Marshall*, pengujian dilakukan sesuai spesifikasi jendral bina marga 2018.

Nilai VMA tertinggi pada variasi II sebesar 19,24 % sedangkan nilai minimum pada variasi IV sebesar 12,96 %. Nilai VFB tertinggi pada variasi IV sebesar 107,79 %, sedangkan nilai minimum pada variasi II sebesar 67,36 %. Nilai VIM maksimum pada variasi II sebesar 6,28 % sedangkan nilai minimum pada variasi IV sebesar -1,01%. Nilai Stabilitas maksimum pada variasi I sebesar 1385,1 kg sedangkan nilai minimum pada variasi III sebesar 898,5 kg. Nilai *flow* maksimum pada variasi I sebesar 4,6 mm sedangkan nilai minimum pada variasi IV sebesar 1,75mm. Nilai MQ maksimum pada variasi IV sebesar 775 kg/mm sedangkan nilai minimum pada variasi II sebesar 246 kg/mm.

Kata Kunci: Abu batu karang, Pasir besi, AC-BC, *Marshall*

ABSTRACT

Highways are a vital component of the land transportation infrastructure supporting human activity. The asphalt mixture will also rise as road development expands. This study applies the Marshall method to the asphalt combination AC-BC and uses natural waste products, such as rock ash as a filler and iron sand as a fine aggregate. The research was conducted using an optimum asphalt content of 5.1% where for the aggregate mixture for the manufacture of test objects with variations of rock ash and iron sand as much as 0%: 0%, 0.5%: 5%, 1%: 10, and 1.5 %:15%. This study aimed to determine the use of rock ash as a filler and iron sand as a fine aggregate for the Marshall characteristic value. The test was carried out according to the specifications of the 2018 General Highways. Variation II has the greatest VMA value (19.24%), whereas variation IV has the lowest value (12.96%). Variation II has a minimum value of 67.36% and a maximum value of 107.79% for VFB. The maximum VIM value in variation II is 6.28%, while the minimum value in variation IV is -1.01%. The maximum stability value in variation I is 1385.1 kg, while the minimum value in variation III is 898.5 kg. Variation I's maximum flow value is 4.6 mm, whereas variation IV's minimum value is 1.75 mm. Variation II has the lowest MQ value at 246 kg/mm, while variation IV has the highest value at 775 kg/mm.

Keywords: Rock ash, Iron sand, AC-BC, Marshall

MENGESAHKAN
SALINAN FOTO COPY SESUAI ASLINYA
MATARAM
KEPALA
UPT P3B
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM
Pahumatika, M.Pd
NIDN. 0803048601

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....ii

HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI iii

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI iv

SURAT PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI.....v

SURAT PERNYATAAN BEBAS PUBLIKASI KARYA ILMIAH.vi

MOTTO vii

PERSEMBAHAN.....viii

KATA PENGANTAR.....x

ABSTRAK xii

***ABSTRACT* .....xiii**

DAFTAR ISI.....xiv

DAFTAR TABEL xvii

DAFTAR GAMBAR.....xix

DAFTAR NOTASI.....xxi

BAB I PENDAHULUAN.....1

1.1 Latar Belakang 1

1.2 Rumusan Masalah 3

1.3 Tujuan Penelitian.....4

1.4 Batasan Masalah.....4

1.5 Manfaat Penelitian.....4

BAB II TINJAUN PUSTAKA 5

2.1 Perkerasan Jalan 5

2.2 Pekerasan Lentur (*Flexible Pavement)*.....*5*

2.3 Aspal.....7

2.3.1 Pengertian Aspal 7

2.3.2 Kandungan Aspal 7
2.3.3 Jenis Aspal 8
2.3.4 Campuran Aspal AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) 10
2.4 Agregat 12
2.4.1 Jenis Agregat 14
2.5 *Filler* 17
2.5.1 Semen Portland 18
2.5.2 Abu Batu Karang.....18
2.6 Perhitungan Kadar Aspal Rencana.....18
2.7 Pengujian Volumetrik Campuran.....19
2.8 Pengujian *Marshall* (Karakteristik Sifat-Sifat Marshall) 21
2.9 Studi Terdahulu 24

BAB III METODE PENELITIAN 30
3.1 Lokasi Penelitian Dan Metode Penelitian 30
3.2 Teknik Pengumpulan Data 30
3.3 Peralatan 31
3.4 Bahan.....37
3.5 Lokasi Pengambilan Sampel 39
3.6 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh Kao 40
3.7 Prosedur Pelaksanaan 41
3.7.1 Pembuatan Benda Uji.....41
3.7.2 *Volumetrik Test* 42
3.7.3 *Marshall Test* 43
3.8 Bagan Alir Penelitian 44

BAB IV ANALISA HASIL DAN PEMBAHASAN 46
4.1 Umum.....46

4.2 Pengujian Material 46
4.2.1 Hasil Analisa Saringan Pembagian Pada Setiap Butir Agregat 46
4.2.2 Hasil Pemeriksaan Berat Jenis dan Penyerapan Agregat 54
4.2.3 Data Pengujian Aspal 59
4.3 Penentuan Gradasi Campuran dan Perencanaan Kadar Aspal Optimum (KAO) 59
4.3.1 Perhitungan Campuran Dan Menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO) 60
4.3.2 *Job Mix Formula* Perencanaan Kadar Aspal Optimum, Variasi Campuran *Filler* Batu Karang Dan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus 65
4.4 Analisa *Marshall* Pada Kadar Aspal Optimum 65
4.4.1 *Job Mix Formula* Pada Kadar Aspal Optimum 65
4.5 Sifat Volumetrik Campuran Beraspal 67
BAB V PENUTUP 75
5.1 Kesimpulan 75
5.2 Saran 76
DAFTAR PUSTAKA 77
LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Persyaratan aspal minyak 10
Tabel 2.2 Gradasi campuran beton AB-BC 11
Tabel 2.3 Ketentuan agregat kasar 15
Tabel 2.4 Ketentuan agregat halus 16
Tabel 2.5 Ketentuan *filler* 17
Tabel 2.6 Rasio koreksi stabilitas pada laston 22
Tabel 2.7 Studi terdahulu 28
Tabel 3.1 Jumlah sampel pengujian 40
Tabel 4.1 Analisa saringan pembagian butiran agregat (<3/4) 47
Tabel 4.2 Analisa saringan pembagian butiran agregat (<3/8) 47
Tabel 4.3 Analisa saringan pembagian butiran abu batu (#200) 48
Tabel 4.4 Analisa saringan pembagian butiran *filler* sebuk batu karang 48
Tabel 4.5 Analisa saringan pembagian butiran agregat halus pasir besi. 49
Tabel 4.6 Kombinasi analisa agregat *filler* serbuk batu karang 0% dan agregat halus pasir besi 0% 50
Tabel 4.7 Kombinasi analisa agregat *filler* serbuk batu karang 0,5% dan agregat halus pasir besi 5% 51
Tabel 4.8 Kombinasi analisa agregat *filler* serbuk batu karang 1% dan agregat halus pasir besi 10% 52
Tabel 4.9 Kombinasi analisa agregat *filler* serbuk batu karang 1,5% dan agregat halus pasir besi 15% 53
Tabel 4.10 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (<3/4) 55
Tabel 4.11 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat (<3/8) 55
Tabel 4.12 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat abu batu (t200) 56
Tabel 4.13 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan agregat pasir besi . 57
Tabel 4.14 Pemeriksaan berat jenis dan penyerapan *filler* serbuk batu Karang 58

Tabel 4.15 Karakteristik aspal penetrasi 60/70 59
Tabel 4.16 Gradasi rencana pencampuran agregat untuk menentukan kadar aspal rencana 60
Tabel 4.17 Perhitungan kadar aspal optimum rencana 61
Tabel 4.18 Komposisi material perancangan KAO, Pasir Beri dan Batu Karang 65
Tabel 4.19 Komposisi material pada KAO 5,1%, *Filler* batu karang 0%, pasir besi 0% 66
Tabel 4.20 Komposisi material pada KAO 5,1%, *Filler* batu karang 0,5%, pasir besi 5% 66
Tabel 4.21 Komposisi material pada KAO 5,1%, *Filler* batu karang 1%, pasir besi 10% 66
Tabel 4.22 Komposisi material pada KAO 5,1%, *Filler* batu karang 1,5%, pasir besi 15% 67
Tabel 4.23 Hasil pengujian nilai VMA 67
Tabel 4.24 Hasil pengujian nilai VFB 68
Tabel 4.25 Hasil pengujian nilai VIM 69
Tabel 4.26 Hasil pengujian nilai Stabilitas 70
Tabel 4.27 Hasil pengujian nilai *Flow* 71
Tabel 4.28 Hasil pengujian nilai MQ 72
Tabel 4.29 Rekap hasil nilai *Marshall* 74

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komposisi dari aspal 8
Gambar 3.1 Lokasi penelitian 30
Gambar 3.2 Saringan standar ASTM 31
Gambar 3.3Alat penguji volumetrik 32
Gambar 3.4 Oven atau pemanas agregat.....32
Gambar 3.5 Timbangan digital 33
Gambar 3.6 Termometer 33
Gambar 3.7 Cetakan benda uji briket.....34
Gambar 3.8 Alat penumbuk 34
Gambar 3.9 Dongkrak hidrolis.....35
Gambar 3.10 *Water bath* 35
Gambar 3.11 Satu set alat uji *Marshall*.....36
Gambar 3.12 Panci 36
Gambar 3.13 wajan, spatula, dan kompor gas 37
Gambar 3.14 Sarung tangan.....37
Gambar 3.15 Serbuk batu karang lolos saringan #200 38
Gambar 3.16 Pasir besi 38
Gambar 3.17 Foto lokasi pengambilan sampel batu karang 39
Gambar 3.18 Foto lokasi pengambilan sampel pasir besi.....39
Gambar 4.1 Kombinasi analisa agregat *filler* batu karang 0% dan agregat pasir besi 0%..... 50
Gambar 4.2 Kombinasi analisa agregat *filler* batu karang 0,5% dan agregat pasir besi 5%.....51
Gambar 4.3 Kombinasi analisa agregat *filler* batu karang 1% dan agregat pasir besi 10%.....52
Gambar 4.4 Kombinasi analisa agregat *filler* batu karang 1,5% dan agregat pasir besi 15%.....53
Gambar 4.5 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VMA.....61

Gambar 4.6 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VIM 62
Gambar 4.7 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan VFB 63
Gambar 4.8 Grafik hubungan antara kadar aspal dengan Stabilitas 64
Gambar 4.9 Grafik rekapitulasi kadar aspal optimum rencana.....64
Gambar 4.10 Grafik pemeriksaan VMA.....68
Gambar 4.11 Grafik pemeriksaan VFB 69
Gambar 4.12 Grafik pemeriksaan VIM 70
Gambar 4.13 Grafik pemeriksaan Stabilitas 71
Gambar 4.14 Grafik pemeriksaan *Flow*.....72
Gambar 4.15 Grafik pemeriksaan MQ.....73

DAFTAR NOTASI

A : Berat benda uji kering oven (gr)

B : Berat benda uji jenuh kering permukaan di udara

C : Berat benda uji dalam air

Sd : Berat jenis curah

Ss : Berat jenis jenuh kering permukaan

Sa : Berat jenis semu

Sw : Penyerapan air

Bk : Berat benda uji kering

B : Berat picnometer di isi air

SSD : Berat picnometer + benda uji

Bt : Berat picnometer + benda uji (SSD) + air (25°C) (gr)

W1 : Berat picnometer + contoh

W2 : Berat picnometer

W3 : Berat picnometer air contoh

W4 : Berat picnometer air pada t°C

W5 : Isi tanah

Wt : Berat tanah

Pb : Perkiraan kadar aspal tengah terhadap campuran

CA : Agregat tertahan saringan no. 8

FA : Agregat lolos saringan no. 8 dan tertahan saringan no. 20

FF : Bahan pengisi lolos saringan

K : Kira-kira konstanta 0,5-1 untuk laston

Gmm : Berat jenis maksimum pada campuran

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sebagai jalur transportasi utama, jalan raya berfungsi sebagai jalur aktifitas manusia yang meliputi seluruh jalurnya, termasuk jalur pelengkap yang digunakan untuk lalu lintas. Jalan raya terdiri dari empat lapisan yang bersusun, yaitu lapisan pondasi bawah (*subbase course*), lapisan pondasi atas (*base course*), lapisan antara (*binder course*), dan lapisan aus (*wearing course*) kualitas suatu jalan raya sangat mempengaruhi dalam peningkatan status ekonomi di suatu negara. Hal ini tidak lepas dari tingginya manfaat jalan raya terhadap lancarnya laju transportasi guna kepentingan dalam bidang perdagangan atau dalam bidang penunjang perekonomian yang lainnya.

Pembangunan jalan raya tentu harus membutuhkan perancangan matang terutama dalam perkerasan yang digunakan. Sehubungan dengan rencana dari jalan tersebut, mutu dari setiap perkerasan jalan yang diberikan sangat berpengaruh. Jika perancangan dan faktor lainnya ada, perkerasan akan semakin bagus. Selain itu, perencanaan dilakukan dengan baik dan setiap komponen dari sistem utama perkerasan berfungsi dengan baik. Oleh karena itu, penggunaan unsur campuran aspal sangat penting untuk memastikan semua campuran tersebut aman, efektif, dan mampu mengatasi kerusakan pada jalan.

Salah satu jenis campuran yang sering digunakan di Indonesia adalah aspal beton (*Asphalt Concrete*). Aspal beton merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai agregat menerus lalu dicampur, kemudian dihamparkan dan dipadatkan pada suhu tertentu (Bina Marga 2018). Aspal beton biasanya digunakan untuk lapisan permukaan (*surface course*), dan lapisan perata (*levelling*) serta pengikat.

Pada penelitian yang dilakukan digunakan bahan alternatif seperti abu batu karang sebagai pengisi (*filler)* dan pasir besi sebagai agregat halusnya. Batu

karang adalah produk yang terbuat dari batu kapur, serta produk sampingan dari penetrasi kelelawar dari sungai atau gunung yang mengandung bahan kimia seperti CAO (*Oxocalcium*) atau kapur tohor. Batu karang memiliki butiran dengan dimensi yang berbeda dan komposisi unsur butiran yang berbeda. Pemakaian abu batu karang dalam penelitian ini disebabkan limbah abu batu karang yang banyak ditemukan di indonesia yang tidak terpakai dan masih banyak orang yang tidak mengetahui dalam masalah pemanfaatannya oleh karena itu dalam penelitian ini diharapkan limbah dari abu batu karang bisa menjadi *filler* pengganti pada campuran aspal perkerasan jalan.

Pasir besi merupakan salah satu jenis pasir dengan kadar pasir besi yang signifikan. Pada dasarnya pasir ini berwarna abu-abu gelap atau kehitaman. Pada pasir besi terdapat partikel besi atau magnetit, sifat unsur tersebut terbentuk karena proses penghancuran oleh cuaca, air permukaan, dan gelombang terhadap batuan asal yang mengandung mineral besi seperti magnetit, ilmenit, dan oksida besi, kemudian terakumulasi serta tercuci oleh gelombang air laut. Pemanfaatan pasir besi sebagai agregat halus pada penelitian ini dikarenakan sebelumnya pasir besi digunakan dalam campuran perkerasan jalan adalah pasir alam yang biasanya berasal dari sungai. Seiring dengan meningkatnya kebutuhan bahan bangunan dan seiring dengan meningkatnya laju konstruksi, maka perlu dicari solusi alternatif dengan memanfaatkan sumber daya alam yang tersedia. Pemerintah indonesia memiliki akses terhadap sumber daya yang dapat memberikan alternatif, antara lain berbagai jenis pasir dengan pasir besi yang memiliki sifat dan karakteristik yang mendukung dalam penggunaannya sebagai agregat halus pada pembangunan jalan.

Lapisan perkerasan jalan ini juga meliputi salah satu lapisan yaitu lapisan AC-BC yang berada ditengah-tengah antara lapisan pondasi atas dengan lapisan permukaan. Lapisan AC-BC merupakan bagian dari lapis permukaan antara lapis atas dan lapis aus yang bertekstur rapat atau terus menerus, dengan beban lalu lintas yang sangat besar. Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca,

tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekuatan yang cukup untuk mengurangi tegangan atau renggangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar) karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas. Untuk menentukan stabilitas maupun kelelehan pada campuran aspal AC-BC ini menggunakan metode *Marshall*.

Metode *Marshall* melibatkan pengukuran stabilitas dan kelelehan serta menganalisis data bentuk kepadatan. Alat marshall adalah demonstrasi yang dilengkapi dengan proving ring (cin cin penguji) dengan kapasitas 22,2 KN (5000 lbs). penggunaan proving ring untuk mengatur kestabilan pengukuran dan *flow* meter untuk mengatur kelelehan. Alat uji *marshall* terbuat dari silinder dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). prosedur *marshall* menggunakan SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76 sebagai mana mestinya.

Berdasarkan pemaparan di atas maka tertuang sesuatu yang ingin diketahui yaitu apakah pemakaian abu batu karang dapat berpengaruh terhadap bahan pengisi (*filler)* dan pasir besi sebagai agregat halus pada parameter *marshall* dengan campuran aspal AC-BC. Dengan demikian penulis tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul skripsi: “PENGGUNAAN ABU BATU KARANG SEBAGAI *FILLER* DAN PASIR BESI SEBAGAI AGREGAT HALUS TERHADAP PARAMETER *MARSHALL* CAMPURAN AC-BC”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan di atas, adapun rumusan masalah yaitu:

1) Bagaimana nilai karakteristik *marshall* terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus?
2) Bagaimana dampak pemakaian abu batu karang sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pasir besi sebagai agregat halus pada kombinasi campuran aspal AC-BC?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah di atas terdapat tujuan penelitian yang hendak dicapai dalam penelitian yang akan penulis lakukan. Adapun tujuan penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1) Untuk mengetahui nilai karakteristik *marshall* terhadap campuran aspal AC-BC menggunakan abu batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus.
2) Untuk mengetahui dampak pemakaian abu batu karang sebagai bahan pengisi (*filler*) dan pasir besi sebagai agregat halus pada kombinasi campuran aspal AC-BC?

1.4 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut:

1) Penelitian ini dilakukan untuk meninjau seberapa besar pengaruh abu batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus terhadap nilai karakteristik campuran dalam aspal AC-BC.
2) Spesifikasi campuran aspal AC-BC mengacu pada spesifikasi Kementerian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga 2018.
3) Aspal penetrasi 60/70 PT. Pertamina
4) Pengujian benda uji dilakukan dengan *Marshall* test.
5) Abu batu karang dan pasir besi yang digunakan merupakan limbah alam yang tidak terpakai.
6) Penelitian ini tidak membahas tentang reaksi kimia maupun ikatan kimia.

1.5 Manfaat penelitian

Dalam penelitian ini, penggunaan abu batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus diharapkan bisa menjadi bahan alternatif pada bahan campuran perkerasan jalan raya. Selain itu penelitian ini juga diharapkan bisa menjadi pintu gerbang dalam memberikan pemahaman tentang pemanfaatan bahan tidak terpakai seperti limbah batu karang dan pasir besi.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Perkerasan Jalan

Kemampuan daya dukung komposisi beraspal dapat dibuat dengan fraksi serta bahan yang dipakai pada campuran aspal tersebut. Fraksi grade dihasilkan oleh hubungan timbal balik antara butiran dan gradasi serta agregat itu sendiri. Suatu agregat akan mempunyai gesekan yang baik dengan sendirinya jika mempunyai sifat fisik yang kuat dan gradasi agregat yang rapat. Kemudian sifat-sifat aspal yang digunakan adalah kohesi itu sendiri. Akibatnya pemakaian agregat dan aspal dalam campuran ber aspal sangat merugikan kualitas pekerjaan. (Bina Marga, 2018).

Akbar dkk (2019) melakukan penelitian mengenai penggunaan batu karang sebagai *filler* terhadap parameter *marshall* pada pencampuran aspal AC-BC. Pada penelitian ini digunakan material standar yang menghasilkan KAO dengan rasio kadar aspal optimal 6,2% yang bagus. Oleh karena itu, dari penelitian yang dilakukan batu karang pada nilai stabilitas yang berjalan pada varian kadar 100%, ini berfungsi sebagai pengisi yang cocok untuk beton AC-BC meskipun tidak menunjukkan efek negatif yang berarti pada benda uji.

2.2 Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Yang dimaksud dengan perkerasan lentur iyalah jenis perkerasan yang biasanya memakai bahan seperti campuran beraspal untuk lapisan permukaan dan butir untuk lapisan dibawahnya. Hasilnya lapisan perkerasan tersebut mempunyai kelenturan yang dapat menimbulkan rasa nyaman pada kendaraan di atas permukaan jalan tersebut. Adapun susunan dari perkerasan lentur antara lain sebagai berikut:

1. Lapisan permukaan (*Surface Course*).

   Lapisan permukaan merupakan lapisan paling atas dari struktur perkerasan jalan (Sukirman, 2010), fungsi utamanya yaitu sebagai berikut:

a. Sebagai lapisan penyangga beban tegak lurus kendaraan sebab itu lapisan ini harus mempunyai nilai stabilitas yang tinggi..
b. Sebagai lapisan aus (*wearing course*) menyalurkan gaya gesek roda kendaraan yang mengerem.
c. Memiliki lapisan yang kedap air dimana air tidak bisa meresap ke dalam lapisan.
d. Lapisan yang menyalurkan gaya ke LPA.

2. Lapis pondasi (*Base Course*).

Daerah antara lapisan dibawah dan lapisan permukaan pada lapisan perkerasan disebut dengaan lapisan pondasi (*base course*). Jika lapisan pondasi dibagian bawah tidak digunakan, maka lapis pondasi digunakan dibagian atas dasar tanah. (Sukirman, 2010). Adapun fungi lapis pondasi antara lain sebagai berikut:

a. Salah satu bagian yang menopang beban vertikal dari kendaraan lalu dihantar ke bawah.
b. Bagian peresap pada dasar pondasi.
c. Tumpuan lapis atas.

3. Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*).

Lapisan pondasi bawah (*subbase course*) iyalah lapisan perkerasan yang terletak di antara lapis pondasi dan tanah dasar (Sukirman, 2010). Adapun fungsi dari lapis pondasi bawah antara lain sebagai berikut:

a. Bagian dari struktur perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus cukup stabil dan mempunyai CBR sama atau lebih besar dari 20%, serta Indeks Plastis (IP) sama atau lebih kecil dari 10%.
b. Efisiensi penggunaan material yang relatif murah, agar lapis di atasnya dapat dikurangi tebalnya.
c. Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.

d. Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar, sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segara menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.

e. Lapis filter untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi. Untuk itu lapis pondasi bawah haruslah memenuhi syarat:

$$\frac{\text{D15pondasi}}{\text{D15tanahdasar}} \geq 5$$

$$\frac{\text{D15pondasi}}{\text{D85tanahdasar}} < 5$$

Dengan:

D_{15} = diameter butir pada persen lolos = 15%.

D_{85} = diameter pada butir persen lolos = 85%.

2.3 Aspal.

2.3.1 Pengertian Aspal.

Menurut Sukirman, (2007) aspal diidentifikasi sebagai bahan dasar yang berwarna coklat tua yang diisi oleh bahan utama berupa bitumen. Aspal dapat diproduksi oleh alam atau bahkan diproduksi dari pengilangan minyak bumi yang berupa residu. Aspal adalah zat yang bila terkena suhu panas menjadi *termoplastisasi*. Oleh karena itu aspal akan meleleh jika diletakkan pada permukaan suhu tertentu dan kembali memadat jika suhu temperatur turun. Aspal berfungsi sebagai bahan bangunan perkerasan jalan berupa agregat. Banyak aspal dalam perkerasan campuran berkisar antara 4-10% tergantung berat campuran atau 15% tergantung volume campuran.

Selan itu menurut Sukirman, (1992) aspal juga dapat berfungsi sebagai:

a. Bahan pengikat memberikan ikatan yang kuat antara aspal dan agregat serta antara aspal dan bahan pengikat sebenarnya.

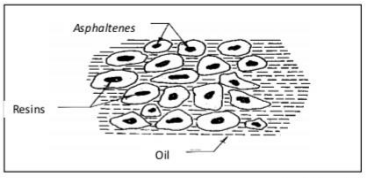
b. Bahan pengisi, rongga antara butir-butir agregat dan pori-pori yang terdapat dari agregat itu sendiri.

2.3.2 Kandungan Aspal.

Menurut jenis yang digunakan dan proses yang dilakukan untuk memurnikannya, aspal terdiri dari hidrogen, karbonat dan gas lainnya. Aspal mengandung sejumlah besar unsur kimiawi, dan terdiri dari:

a. Karbon 80-87%.
b. Hydrogenium 9-11%.
c. Nitrogen 2-8%.
d. Sulfur 0-1%.
e. Logam berat 0-0,5%.

Komponen utama dari struktur molekul aspal iyalah minyak, resin, dan *asphaltenes. Asphaltenes* pada dasarnya tebuat dari hidro karbon yaitu sejenis zat yang tidak larut dalam *neptane. aspalthenes* dapat ditemukan dalam zat bernama *maltenes. Maltenes* yang ditemukan di *heptanes*, adalah sejenis caran kental berisi resin dan minyak. Minyak adalah media yang terbuat dari *aspaltenes* dan resin sedangkan resin adalah sejenis cairan dengan permukaan seperti lilin yang memiliki sifat adhesi dari aspal dan merupakan bagian yang mudah pecah. *Maltenes* adalah unsur yang mudah berubah berdasarkan perubahan suhu dan waktu pengaspalan. (Sukirman, 2016). Berikut merupakan gambar 2.1 mengenai komposisi dari aspal.



Gambar 2. 1 Komposisi dari aspal

2.3.3 Jenis Aspal.

Berdasarkan tempat diperolehnya, aspal dibedakan menjadi aspal alam dan aspal minyak (Sukirman, 2016).

a. Aspal alam merupakan jenis ditemui di alam, dapat berbentuk batuan ataupun aspal alam. Di Indonesia sendiri mempunyai jenis *asphalt* batuan (*Natural Rock Asphalts*) dibuton disebut Asbuton (aspal batuan buton). Selan itu aspal alam juga terdapat berupa aspal danau (*Trinidad Lake Asphlats*) yang banyak ditemui di Trinidad.

b. Aspal minyak iyalah sisa aspal dari produksi minyak. Setiap tambang menghasilkan residu dari jenis minyak mentah berbahan dasar aspal yang mengandung minyak mentah berbahan dasar parafin. Menurut analisis sisa aspal minyak dapat terdiri dari aspal cair, aspal emulasi, dan aspal hembus. (Sukirman, 2016).

   1) Aspal padat iyalah sebutan untuk aspal karena aspal tersebut terbuat dari bahan padat. Sebelum dipakai semen aspal harus dipanaskan dulu sebelum dipakai untuk bahan pencampuran. Aspal padat adalah komponen utama minyak sisa, dan farietas aspal alternatif dapat diproduksi nanti dalam prosesnya.

   2) Aspal *cutback*, juga dikenal sebagai aspal cair, adalah aspal cair yang berada dalam suhu ruang. Aspal cair adalah sejenis aspal yang dibuat dengan bahan pencair dari hasil pengilangan minyak bumi seperti solar, bensin, atau minyak tanah. Bahan pencair mengadaptasi aspal car menjadi:

      a) *Rapid curing cutback asphalt* (RC), merupakan aspal car yang paling mudah menguap yang berbahan pencair bensin.

      b) *Medium curing cutback asphalt* (MC), merupakan aspal cair yang berbahan pencair minyak tanah.

      c) *Slow curing cutback asphalt* (SC), merupakan aspal cair yang berbahan minyak disel, dimana untuk aspal pencair ini paling lama menguap.

   3) Emulasi aspal iyalah bentuk aspal tertentu dibuat dengan menggunakan air dan bahan pengemulsi. Aspal emulsi dalam hal ini lebih cair dari pada

aspal cair. Butir butir aspal larut di tengah emulsi aspal. Untuk mencegah butiran aspal menjadi terlalu besar butiran yang bersangkutan diberi muatan listrik.

Salah satu jenis aspal minyak yaitu aspal semen. Aspal semen dapat dibedakan tergantung dari nilai penetrasi atau viskositasnya. Saat ini indonesia hanya menggunakan aspal Penetrasi 60 yaitu semen aspal dengan penetrasi antara 60-70. ASTM ataupun AASHTO membagi semen aspal ke dalam lima kelompok jenis aspal, yaitu aspal 40-50, aspal 60-70, aspal 85-100, aspal 120-150, dan aspal 200-300.

Aspal semen di indonesia biasanya diklasifikasi dari nilai penetrasi nya, yaitu:

1. AC pen 40/50 ialah Penetrasi dari 40-50.
2. AC pen 60/70 ialah Penetrasi dari 60-70.
3. AC pen 80/100 ialah Penetrasi dari 80-100.
4. AC pen 200/300 ialah Penetrasi dari 200-300.

Aspal semen dengan penetrasi rendah digunakan pada daerah dengan cuaca panas atau lalu lintas dengan volume tinggi, sedangkan aspal semen dengan penetrasi tinggi digunakan pada daerah ber cuaca dingin atau lalu lintas dengan volume rendah. Umumnya di indonesia biasanya menggunakan aspal semen dengan penetrasi 60/70 dan 80/100. Persyaratan aspal minyak 60/70 dapat dilihat pada Tabel 2.1 sebagai berikut:

Tabel 2.1 Persyaratan Aspal Minyak

No	Jenis pengujian	Metode	Syarat
1	Penetrasi pada 25° C (0,1 mm)	SNI 2432-2011	60-70
2	Titik lembek ^{o}	SNI 2432-2011	≥48
3	Titik nyala ^{o} 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	≥54

8	Daktilitas 25° C setelah kehilangan berat (cm)	SNI 2432-2011	≥100

2.3.4 Campuran Aspal AC-BC (*Asphallt Concrete-Binder Course*)

Susunan aspal AC-BC adalah susunan perkerasan yang berada setelah perkerasan aus atau *wearing course* dan berada sebelum lapisan pondasi atau *base course*. Susunan ini tidak langsung berkaitan dengan cuaca tetapi diharuskan memiliki kekuatan dan ketebalan yang cukup untuk menghalau tegangan atau regangan sebagai dampak dari keadaan beban lalu lintas yang menjurus ke susunan dibawah atau dasar tanah. stabilitas adalah karakteristik penting dalam hal ini.

Sebagai bahan pengikat lapisan aspal beton dikenal dengan nama AC-BC, susunan ini adalah bagian dari lapis permukaan antara *base course* dan *wearing course* dimana agregat ini disebut penyatuan rapat menerus biasanya dipakai pada jalan yang volume lalu lintasnya tinggi (Sukirman, 2008).

Gradasi agregat pada susunan lapisan beton AC-BC diakibatkan oleh agregat butir yang sesuai dengan spesifikasi. Ukuran butir dapat dihilangkan dengan proses analitik saringan. Kelulusan dinyatakan dalam istilah lolos atau tertahan dianalisa dengan berat agregat (Sukirman, 1999). Berikut ini akan dipaparkan spesifikasi gradasi campuran beton AC-BC antara lain dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Gradasi campuran beton AC-BC

Ayakan		**Gradasi Halus**	**Gradasi Kasar**
No. Saringan	**Ukuran Saringan (Mm)**	**AC-BC**	**AC-BC**
1 ½	3,750	-	-
1”	25,000	100	100
3/4”	19,000	90-100	90-100
½”	12,500	74-90	71-90

3/8”	9,500	64-82	58-80
No. 4	4,750	47-64	37-56
No. 8	2,360	34,6-49	23-34,6
No. 16	1,180	28,3-38	15-22,3
No. 30	0,600	20,7-28	10-16,7
No. 50	0,300	13,7-20	7-13,7
No. 100	0,1500	4-13	5-11
No. 200	0,075	4-8	4-8

Sumber: Spesifikasi Umum Bidang Jalan, 2010

2.4 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah atau mineral lainnya berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan yang digunakan sebagai bahan utama penyusun jalan.

Agregat didefinisikan secara umum sebagai formasi kulit bumi yang keras dan padat. ASTM mendefinisikan agregat sebagai suatu bahan yang terdiri dari mineral padat yang berupa masa berukuran besar ataupun berupa fragmen-fragmen. Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain (Sukirman, 2016).

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

1. Gradasi

   Agregat tersebut dibedakan atas gradasinya berdasarkan penggunaannya dilapangan, baik untuk penggunaan lapisan agregat tanpa bahan pengikat aspal atau untuk campuran beraspal. Gradasi adalah distribusi partikel berdasarkan ukuran agregat. Penambahan secara bertahap akan

memperburuk ukuran rongga antar butir, sehingga menimbulkan stabilitas dan kemudahan penggunaan selama proses penggunaan di lapangan. Gradasi agregat dapat dibagi atas:

1) Agregat ber gradasi menerus akan berkembang dan menghasilkan lapisan per kerasan dengan stabilitas tinggi, berat volume besar dan skid resistance yang tinggi. Komposisi agregat yang digunakan terhadap campuran ini biasan nya digunakan pada aspal AC.
2) Agregat ber gradasi senjang adalah agregat dengan 1 praksi hilang dan 1 praksi sedikit dimana untuk campuran ini memiliki nilai stabilitas yang sedang dan memiliki skid resistance yang sedang pula. Nilai dari stabilitas didapat dari mortar. Komposisi grade ini biasanya digunakan pada aspal beton Lataston.
3) Agregat ber gradasi terbuka (*Open Graded*), merupakan agregat dengan ukuran yang sama. Agregat ini biasanya akan mendapatkan hasil dari per kerasan yang tinggi dengan nilai stabilitas kurang dan berat keseluruhannya kecil.

2. Kebersihan.

Dalam perkerasan unsur perusak dalam agregat harus dihilangkan sebelum digunakan, hal ini diakibatkan unsur asing dapat merusak kuat lekat aspal terhadap batuan sehingga dapat mempengaruhi perkerasan.

3. Kekuatan dan Kekerasan.

Kekuatan agregat diartikan sebagai agregat tidak hancur karena dampak dari mekanik agregat yang dipakai sebagai susunan perkerasan wajib memiliki daya penahan terhadap pemecahan yang bisa terjadi pada tahap pemadatan, pencampuran, repetisi beban kendaraan dan peng hancuran pada masa pemeliharaan jalan tersebut.

4. Bentuk Permukaan.

Bentuk agregat akan berdampak pada kestabilan lapisan sebuah perkerasan. Agregat yang dibentuk dari kubus dab bersudut tajam

memberikan *interlock* yang lebih besar dan saling mengunci yang lebih besar, sehingga bahan yang paling cocok untuk digunakan dalam konstruksi jalan.

5. Tekstur Permukaan.

Gaya gesek akan lebih besar berkat tekstur permukaan yang kasar dan kasat sehingga dapat digunakan untuk menutupi gaya kerja pada batuan. Selain itu, permukaan yang kasar juga memberikan daya rekat yang semakin kuat antara batuan dan aspal. Batuan yang halus dapat lebih mudah tertutup aspal tetapi tidak mampu menangani kelekatan secara efektif jika struktur permukaan lebih kasar pada dasarnya stabil dan durabilitass campuran akan lebih tinggi. Pada saat tekstur permukaan lebih kasar dari biasanya keawetan dan kestabilan konstruksi akan meningkat.

6. Porositas

Porositas memiliki korelasi yang besar dengan metrik ekonomi campuran lapis perkerasan tertentu. Dengan meningkatnya porositas pada batuan aspal lebih sering digunakan demikian diakibatkan oleh kapadasitas batuan dalam menyerap oksigen dari udara dengan kepekaan yang semakin meningkat.

Daya kelekatan dengan aspal juga disebabkan oleh sifat agregat terhadap air. Granit dan batuan yang mengandung silika adalah contoh agregat *hidrophilie*, atau agregat yang mengandung udara secara persisten. Agregat tersebut diatas tidak cocok digunakan sebagai bahan campuran aspal.

2.4.1 Jenis Agregat.

Agregat dapat bervariasi tergantung pada kelompok yang terdapat pada pengolahan dan ukuran butirnya. Menurut proses saat ini, agregat dapat dibedakan dengan batuan beku dan batuan sedimen, batuan metamorfik. Sedangkan berdasarkan ukuran butir nya agregat dapat dikelompokkan atas agregat kasar, agregat halus, dan bahan pengisi. Sesuai ASTM dan

Depkimpraswil dalam spesifikasi teknis campuran panas, 2010 mengelompokkan agregat yang terdiri dari:

a. Agregat Kasar, adalah kerikil sebagai hasil desintegrasi dari bebatuan alami atau berupa batu pecah atau belah yang dihasilkan dari industri pemecah batu dengan ukuran butir lebih besar dari saringan No.4 (=4,75 mm) dan lebih kecil dari ayakan 1½ inci (150 mm). Pada Tabel 2.3 dibawah ini dapat dilihat ketentuan agregat kasar.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian			Metode pengujian	Nilai
Kelelehan untuk agregat terhadap larutan		Natrium sulfat	SNI 3407:2008	Maks 12%
		Magnesiuim sulfat		Maks 18%
Abrasi dengan mesin los angeles	Campuran AC modifikasi dan SMA	100 putaran	SNI 2417:2008	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	ASTM D4791-10 perbandingan 1:5	Maks 5%
		Lainnya		Maks 10%
Material lolos ayakan No.200			SNI ASTM C117:2012	Maks 1%

Spesifikasi Bina Marga 2018 Devisi 6 Perkerasan Aspal..

a. Agregat Halus.

Agregat halus merupakan jenis agregat yang mempunyai ukuran butir lebih halus dari saringan No. 4 (= 4,75 mm) dan maksimum yang lolos

ayakan No. 200 (= 0,075 mm) adalah 10%. ketentuan agregat halus dapat dilihat pada **Tabel 2.4** berikut ini

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Metode Pengujian	Nilai
Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1967	Min. 50%
Uji kadar rongga tanpa pemadatan	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan lempung dan butir-butir mudah pecah dalam agregat	SNI 03-4141-1996	Maks. 1%
Agregat adalah sayatan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks. 10%

1) Abu batu

Pengolahan yang menggunakan st *one crusher* untuk pengelolaan batu pecah yaitu abu batu yang ditempatkan pada saringan bagian atas saringan No. 200.

2) Bahan Pengisi (*Filler).*

Bahan pengisi (*filler*) adalah bagian agregat lolos saringan No. 200 (= 0,075 mm) minimum 75% (Sukirman, 2016). Jumlah serat pengisi atau pelengkap yang disediakan untuk semen harus diantara 1% dan 2% dari berat agregat campuran. Khusus untuk SMA tidak dikenakan kadarnya tetapi tidak diperkenankan menggunakan semen (Bina Marga 2018 Devisi 6). Sebagai aturan bahan yang digunakan sebagai pengisi tidak diperkenankan dicampur dengan kotoran atau bahan lain, dan bahan pengisi harus diaplikasikan dalam kondisi kering, dimana untuk jumlah kandungan air pada agregat maksimum yang diperkenankan yaitu sebesar 1%.

3) Pasir Besi

Istilah pasir besi mengacu pada jenis pasir dengan komponen tertentu berupa besi yang umumnya menunjukkan ciri-ciri berwarna abu gelap atau berwarna kehitaman. Batuan vulkanik basaltic dan andesit

merupakan sumber pasir besi. Pasir besi memiliki mineral pokok magnetit (besi oksida) yang berasosiasi dengan titano magnetit yang mengandung sedikit magnetit dan hematit serta mineral pengotor lainnya antara lain kuarsa, piraksen, biotit, rutil, dan varietas lainnya. Pengotor lain yang biasanya dijumpai pada pasir besi adalah belerang dan fosfor. Dengan kisaran ukuran 75-150 ikron, *densitas* 2-5 gram/cm^3, bobot isi (*spesific gravity*,SG) 2,99-4,23 gram/cm^3, dan derajat kemagnetan (MD) 6,4-27,16%, pasir besi terbuat dari butiran yang sangat murni.

Pasir besi mengandung mineral magnetit dengan kandungan besi tertinggi yaitu sebesar 72,4%. Sedangkan kandungan mineral hematit adalah mineral yang paling melimpah dipermukaan bumi. Hematit berwarna merah hingga coklat dan hitam keabu-abuan. Hematit murni memiliki komposisi sekitar 70% besi dan 30% oksigen selain mengandung magnetit dan hematit pasir besi juga mengandung titanium, silika dan mangan.

2.5 *Filler*

Filler adalah bahan yang digunakan dalam laminasi aspal. Sebaliknya, jumlah dan macam-macam bahan pengisi akan berdampak pada fleksibilitas dan kepekaan campuran. Salah satu contoh penggunaan *filler* pada aspal campuran berdasarkan ketentuan Bina Marga 2010 revisi 1 sebagai berikut:

1. *Filler* yang dimasukkan antara lain debu batu kapur, kapur padam, ,semen, atau abu terbang yang telah mendapat persetujuan dari direktorat pembinaan pekerjaan.
2. Bila digunakan sesuai dengan spesifikasi SNI 03-1968-1990 filler harus bersih dan bebas dari gumpalan dan harus mengandung tidak kurang dari 75% terhadap beratnya dan lolos ayakan no 200.
3. Setiap campuran harus terdapat kandungan bahan pengisi tidak kurang dari 1% dan tidak lebih dari 2% dari total agregat yang dibuat. Dapat dilihat ketentuan dari *filler* pada tabel 2.5 sebagai berikut:

Tabel 2.5 Ketentuan *Filler*

Pengujian	Standar	Nilai
Material lolos saringan no. 200	SNI 03-6723-2002	Min. 75%

2.5.1 Semen Portland

Semen Portland terbuat dari batu kapur dan bahan galian lainnya dihaluskan dan dibakar dalam tungku pembakaran sehingga bahan bakunya berupa bubuk. Karena adanya reaksi kimia tertentu bila terkena udara maka bubuk tersebut akan terbakar dan mengalami ikatan panas (wijoyo, 2006).

2.5.2 Abu Batu Karang

Batu adalah suatu benda berbentuk padat, tahan lama, dan keras. Ciri-ciri beberapa jenis batu bermacam-macam tergantung pada lingkungan dan metode penerapan nya. Contoh jenis batuan adalah batu karang yang mempunyai komposisi utama berupa mineral aragonit (CaCo3). Bahan tersebut terdapat di indonesia diantaranya di lombok. Batu karang adalah bahan yang diproduksi oleh alam berupa hasil dari pertambangan dan juga hasil pemecahan batu yang didapatkan dari sungai atau pantai dengan komponen kimia berupa CaO. Batu karang memiliki butiran dengan ukuran butiran yang berbeda dan komponen unsur yang berbeda.

Dalam bidang industri, kesehatan dan pertanian, CaCO3 merupakan kandungan yang paling banyak digunakan karena kandungan ini merupakan kandungan dengan keadaan paling stabil. CaCO3 dapat diubah menjadi kalsium oksida dengan cara yaitu melakukan kalsinasi. Cara ini dapat memudahkan dalam pemurnian sehingga cepat mendapatkan kalsiumnya (Noviyanti, dkk 2015). Cara demikian dapat digunakan dalam bidang industri untuk katalis heterogen dan untuk komponen utama campuran atau pengganti semen Portland (Suhardin dkk, 2018).

2.6 Perhitungan Kadar Aspal Rencana

Kadar aspal optimum (KAO) merupakan kadar aspal yang memiliki angka stabilitas tinggi terhadap lapisan perkerisan untuk syarat yang lainnya seperti nilai Satbilitas, kelelehan (*flow*), VIM, VFA, VMA dan sebagainya sehingga pada akhirnya memberikan kualitas aspal yang baik. Cara mencari nilai kadar aspal rencana dapat dihitung dengan persamaan 2.1

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

dengan:

Pb = Perkiraan kadar aspal tengah pada campuran.

CA = Agregat tertahan saringan No.8.

FA = Agregat lolos saringan No.8 dan tertahan saringan No.200.

FF = Bahan pengisi lolos saringan No.200.

K = perkiraan konstanta 0,5 – 1 untuk laston.

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

Angka rencana kadar aspal tengah dibulatkan menjadi 0,5%.

2.7 Pengujian Volumetrik Campuran

Pengujian volumetrik adalah alat untuk memahami densitas dominan, berat jenis, dan porositas masing masing benda uji. Pengujian meliputi pengukuran tinggi, diameter, SSD, udara, berat dalam udara dari sampel, dan berat jenis agregat, bahan pengisi, dan aspal. Sebelum memulai pengujian *marshall*, masing masing benda uji melakukan pengujian volumetrik. Data hasil penelitian observasi laboratorium dianalisis dengan menggunakan rumus berikut:

1. Berat Jenis.
   a. Berat jenis agregat kasar dengan persamaan 2.2, persamaan 2.3, persamaan 2.4, dan persamaan 2.5 sebagai berikut :

$$Bulk = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.3)$$

$$SSD = \frac{B}{(B-C)} \quad (2.3)$$

$$APPT = \frac{A}{(B-C)} \quad (2.4)$$

$$Penyerapan = \frac{(B-A)}{BA} \times 100\% \quad (2.5)$$

Dengan:

Bulk = berat jenis.

SSD = berat jenis kering permukaan.

APPT = berat jenis semu.

A = berat benda contoh uji kering oven (gram).

B = berat benda uji kering permukaan jenuh (gram).

C = berat benda uji kering permukaan jenuh di dalam air (gram).

b. Berat jenis agregat halus dan filler dengan persamaan 2.6, persamaan 2.7, persamaan 2.8, dan persamaan 2.9 sebagai berikut:

$$Bulk = \frac{BK}{(B+500-Bt)} \quad (2.6)$$

$$SSD = \frac{500}{(Bc+500-BD)} \quad (2.7)$$

$$APPT = \frac{BK}{(B+BK-Bt)} \quad (2.8)$$

$$Penyerapan = \frac{500-BK}{BK} \times 100 \quad (2.9)$$

Dengan:

Bulk = berat jenis.

SSD = berat jenis kering permukaan.

APPT = berat jenis semu.

BK = berat kering(gram).

B = berat piknometer + berat air (gram).

Bt = berat piknometer + berat benda uji + berat air (gram).

c. Berat jenis *Bulk* gabungan (*U*) dengan persamaan 2.10 sebagai berikut:

$$U = \frac{100}{\left(\frac{a}{B\ j\ a\ Bulk}\right)+\left(\frac{b}{B\ j\ a\ Bulk}\right)+\left(\frac{c}{B\ j\ a\ Bulk}\right)+\left(\frac{d}{B\ j\ a\ Bulk}\right)} \quad (2.10)$$

d. Berat jenis *Apparent* gabungan (*App*) dengan persamaan 2.11 sebagai berikut:

$$App = \frac{100}{\left(\frac{a}{B\ j\ a\ App}\right)+\left(\frac{b}{B\ j\ a\ App}\right)+\left(\frac{c}{B\ j\ a\ App}\right)+\left(\frac{d}{B\ j\ a\ App}\right)} \qquad (2.11)$$

e. Berat jenis efektif (*V*) dengan persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$V = \frac{U+App}{2} \qquad (2.12)$$

Dari data tersebut dapat diperoleh harga *Density*, Stabilitas, Dan *Marshall Quotient*.

2.8 Pengujian *Marshall* (Karakteristik Sifat-Sifat *Marshall*)

Bruce *marshall* menciptakan rancangan campuran menurut metode *marshall*, yang kini telah distandarisasi oleh ASTM atau bahkan AASHTO melalui beberapa modifikasi seperti ASTM D 1559-76 atau AASHTO T-245-90, ide dasar metode *marshall* adalah untuk mengukur stabilitas dan menganalisis data terbentuknya campuran padat.

Alat *Marshall* adalah alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cin cin penguji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan kelelehan. Proving ring dipakai untuk mengatur kestabilan pengukuran dan *flow* untuk mengatur kelelehan. *Marshall* terbuat dari silinder dengan diameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm). Teknis pengujian *marshall* sesuai dengan SNI 06-2489-1991, ASSHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76. Secara umum komponen utama pengujian *marshall* adalah uji persiapan, pemeliharaan berat jenis curah dari uji, pemeriksaan nilai stabilitas dan kelelehan dan perhitungan sifat uji volumetrik. Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam pelaksanaan benda uji, antara lain:

a. Penyiapan benda uji.
b. Penyiapan bahan yang digunakan.
c. Menentukan komposisi campuran serta pemadatan.
d. Penyiapan komposisi aspal.
e. Pemadatan sampel yang dibuat.
f. Rencana pengujian *Marshall*.

Karakteristik sifat-sifat *Marshall* sebagai berikut:

a. Kelelahan (*Flow*)

Nilai *flow* = r diperoleh dengan pembacaan arloji *flow* yang menentukan deformasi dari benda uji yang dibuat dalam satuan 0,01 mm.

b. Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan lapis keras untuk mencegah deformasi yang disebabkan karena beban dari lalu lintas yang berada diatasnya tanpa terjadi perubahan bentuk pada saat itu, seperti bergelombangnya struktur jalan, ruas dan meningginya permukaan aspal. Dari studi *marshall* tentang kelurusan benda uji yang stabil, dan memiliki kejajaran yang stabil dari benda uji. Citra ini telah dipadukan dengan citra kaliberasi alat dan citra ketebalan benda uji.

Nilai stabilitas (*stability*) dapat dihitung dengan persamaan 2.13 sebagai berikut :

$$S = P \times r \qquad (2.13)$$

Dengan:

P = Kalibrasi proving ring pada o.

r = Nilai pembacaan arloji stabilitas.

koreksi ketebalan pada lapis aspal beton yaitu 1,00 (Pd T-05-2005-B), untuk nilai koreksi pada aspal beton hanya dilihat dari angka rentang 0,83 – 1,00. Tebal benda uji dapat ditentukan pada angka koreksi, untuk angka koreksi terdapat pada Tabel 2.6 sebagai berikut:

Tabel 2.6 rasio koreksi stabilitas pada laston

Tebal Benda Uji (mm)	Angka Koreksi
63,5	1,00
65,1	0,96
66,7	0,93
68,3	0,89
69,9	0,86
71,4	0,83
73,0	0,81
74,6	0,78
76,2	0,76

c. *Marshall Quotient* (MQ)

Marshall Quotient (MQ) adalah perbandingan nilai antara stabilitas dan *flow*. Semakin naiknya angka MQ, sifat campuran tersebut menjadi kaku, sebaliknya semakin menurun angka MQ maka campuran akan bersifat fleksibel.

Perhitungan nilai *Marshall Quotient* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.14 sebagai berikut :

$$MQ = \frac{s}{t} \qquad (2.14)$$

Dengan:

s = Nilai stabilitas terpadang (Kg).

t = Nilai kelelehan/*flow* (mm).

MQ = Nilai *Marshall Quotient* (Kg/mm).

d. Density

Density yaitu kepadatan yang setelah dilakukannya pemadatan pada campuran aspal. Kepadatan suatu campuran yang meningkat menandakan bahwa kepadatannya semakin baik. Beberapa faktor seperti jenis dan kualitas penyusunan, ukuran campuran, kapasitas pemadatan, temperatur pemadatan, dan jumlah aspal dapat mempengaruhi berat jenis.

Nilai kepadatan (*density*) dapat dihitung dengan persamaan 2.15 dan persamaan 2.16 sebagai berikut:

$$h = g - f \qquad (2.15)$$

$$i = \frac{h}{e} \qquad (2.16)$$

dengan:

e = Berat benda uji sebelum direndam (gram).

f = Berat benda uji jenuh air (gram).

g = Berat benda uji dalam air (gram).

h = Isi benda uji (ml).

i = Berat isi benda uji (gram/ml).

e. *Void In The Mix* (VIM)

VIM iyalah nilai persentase rongga pada udara campuran, untuk mendapatkan nilai VIM diperoleh persamaan 2.17 diantara lain:

$$VIM = 100 - i \times j \qquad (2.17)$$

Dengan:

i = Bj benda uji

j = Bj campuran maksimal

f. *Void Filled Asphalt* (VFA)

VFA iyalah angka presentase ruang yang diisi aspal efektif, angka VFA dapat ditentukan dengan persamaan 2.18 antara lain :

$$VFA = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA} \qquad (2.18)$$

Dengan:

VFA = rongga terisi aspal persen terhadap VMA.

VMA = rongga di antara mineral agregat.

VIM = rongga di dalam campuran.

g. *Void Mineral Agregat* (VMA)

VMA adalah ruang udara diantara gradasi agregat pada campuran agregat aspal padat termasuk ruang jenuh dan kadar aspal efektif yang merupakan persen volume rongga di agregat yang terisi oleh aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume.

VMA iyalah persentase kadar campuran pada sample briket yang dapat ditentukan dengan persamaan 2.19 antara lain:

$$VMA = 100 - l \qquad (2.19)$$

Dengan:

l = Persentase volume agregat

Nilai kadar aspal rencana dapat ditentukan dengan pengujian *marshall* untuk itu kita dapat mengetahui standar dari campuran yang dibuat dimana harus memenuhi standar dari Bina Marga Divisi 6.

2.9 Studi Terdahulu.

A. Hamid dkk (2011), Penggunaan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Pada Beton Aspal Lapisan Aus. Metode penelitian yang dipakai yaitu campuran yang dipaka pada benda uji yaitu campuran laston untuk lapis aus. Setiap fraksi ditambahkan dalam urutan peningkatan kompleksitas dan menggunakan metode trial and eror setiap fraksi kemudian disusun sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan aplikasi tertentu.

Diperkirakan 5,5% dari komposisi tersebut terdiri dari kadar aspal awal untuk pasir sungai dan pasir besi kemudian dua kadar aspal ditempatkan dibawah 5,5% dan dua diatasnya, sehingga kisaran kadar aspal yang optimum adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6.,5%. Tiga jenis komponen agregat yang berbeda digunakan untuk membuat campuran: (1) variasi 1, yang menggunakan 100% pasir sungai, (2) variasi 2 yang menggunakan 50% pasir sungai dan 50% pasir besi, dan (3) variasi 3 yang menggunakan 100% pasir besi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik agregat berbahan dasar pasir besi dan mengevaluasi karakteristik beton berbahan dasar semen AC-WC yang menggunakan bahan agregat pasir besi. Metode *marshall* merupakan metode yang digunakan untuk pengujian dalam penelitian ini dan setelah perendaman dianalisis indeks nilai kekuatan sisa benda uji. Pada penelitian ini ditentukan bahwa nilai pasir besi memenuhi kriteria untuk dipakai sebagai agregat pada campuran beton aspal lapisan aus. Dibandingkan dengan campuran yang memakai agregat halus pasir sungai campuran yang memakai pasir besi lebih stabil tetapi memiliki kelelehan yang lebih tinggi.

Ciri-ciri campuran volummetrik yaitu bahwa semakin banyak pasir besi yang digunakan sebagai agregat halus semakin banyak pula hasil rongga dalam campuran dan rongga antar agregat yang semakin menurun sedangkan rongga terisi aspal yang terus meningkat. Dibandingkan dengan aspal beton

yang menggunakan agregat halus pasir sungai campuran beton aspal lapisan aus dengan agregat halus pasir besi memiliki kadar aspal optimum yang lebih rendah.

Berbeda dengan campuran menggunakan pasir sungai, campuran menggunakan pasir besi menghasilkan indeks kekuatan sisa yang lebih rendah yang menunjukkan bahwa yang terakhir memiliki daya tahan yang lebih rendah terhadap perubahan cuaca, suhu dan udara.

B. Sihombing dkk (2019), Analisis Penggunaan Serbuk Batu Karang Sebagai *Filler* Pada Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mencari nilai karakteristik dari *marshall* itu sendiri . Metode pengujian yang digunakan yaitu melakukan pembuatan pada benda uji sesuai komposisi campuran, merawat dan pengujian benda uji yang dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian dan Pengembangan Teknologi Irigasi Bekasi, Jawa Barat.

Adapun obyek penelitian adalah benda yang diuji pada campuran AC-WC adalah *Marshall* test dengan perbandingan antara pengisi semen portland dengan pengisi serbuk batu karang dengan komposisi pengisi 100%, 50% : 50%, 100%. Dalam penelitian ini ditemukan hasil bahwa aspal yang digunakan dalam penelitian ini adalah aspal keras yang memiliki penetrasi 80/100. Berdasarkan pengujian yang diperoleh nilai karakteristik *Marshall*, karakteristik nilai ketahanan (ketahanan) untuk semua komposisi bahan pengisi pada campuran aspal memenuhi syarat yang ditentukan yaitu minimal 800 kg, dan layak digunakan untuk lapisan perkerasan jalan raya dengan tingkat lintas berat.

Dari hasil pengujian tersebut diperoleh persentase komposisi bahan pengisi antara semen pengisi 50% dengan serbuk pengisi batu karang 50% lebih baik hasilnya, sehingga komposisi tersebut lebih optimal dibandingkan dengan komposisi lain. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh persentase komposisi bahan pengisi antara semen pengisi 50% dengan serbuk pengisi

batu karang 50% lebih baik hasilnya, sehingga komposisi tersebut lebih optimal dibandingkan dengan komposisi lain. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh persentase komposisi bahan pengisi antara semen pengisi 50% dengan serbuk pengisi batu karang 50% lebih baik hasilnya, sehingga komposisi tersebut lebih optimal dibandingkan dengan komposisi lain.

C. Khaliq (2022), Pengaruh *Filler* Batu Karang Pada Campuran Asphalt *Concrete Wearing Course* (AC-WC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dari dampak penggunaan bahan pengisi batu karang terhadap aspal beton AC-WC. Metode pengujian yang dipakai dalam penelitian ini yaitu dengan melibatkan variasi proporsi bahan pengisi batu karang yang digunakan relatif terhadap kadar bahan pengisi batu karang sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%.

Hasil dari penelitian ini yaitu kinerja *marshall* yang optimal dicapa dengan menggunakan pengisi batu karang sekitar 55% dari waktu dibandingkan pengisi abu batu dengan tingkat stabilitas sekitar 10,08%. Dengan penggunaan atau tanpa penggunaan pengisi pada batu karang menghasilkan persyaratan yaitu minimal 90% sesuai dengan spesifikasi devisi 6 revisi 2 tahun 2018 terbaru.

D. Rizki (2015), Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Besi Sebagai Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap Nilai *Marshall Test* Pada Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) Kelas B. penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ciri-ciri atau karakter *Marshall* seperti MQ, stabilitas, volume air void, film thicknes pada campuran lapis tipis aspal pasir LATASIR kelas B.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu berupa pemeriksaan aspal pengujian agregat halus dan kasar, pembuatan benda uji aspal, pemeriksaan bahan pengisi, dan yang terakhir pengujian *marshall.* hasil penelitian didapat pada tahap satu tinggi ideal kadar aspal sekitar 9,25, sedangkan penelitian tahap dua diperoleh stabilitas *marshall* 832,66 kg, MQ 1,45 KN/mm, volume rongga udara 4,005%, dan ketebalan film adalah 15,86.

Namun, sebagian besar terkandung dalam spesifik batas-batas. Pengaruh pemakaian limbah pasir besi sebagai campuran agregat halus berpengaruh terhadap kenaikan.

E. Stio (2017), Pengaruh Penggunaan Pasir Besi Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Aspal Modifikasi Starbit E-55 Pada Campuran Laston AC-WC. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memahami beberapa kelemahan utama dari agregat halus pasir besi pada perkerasan aspal. Kemudian bertujuan untuk mengevaluasi dampak penggunaan aspal modifikasi polimer starbit E-55 berdasarkan kriteria *marshall* yaitu kepadatan, foit filet dengan aspal, voit dalam campuran, stabilitas, kelelahan, dan MQ.

Pembuatan kurang lebih 15 benda uji dari bahan silika dengan variasi campuran kadar aspal berkisar antara 4,5% sampai 6,5%, dimana setiap jenis didapati tiga benda uji. Hal ini merupakan metode yang digunakan dalam penelitian.

Hasil yang ditemukan dalam penelitian ini pemakaian pasir besi dengan bahan aspal polimer starbit E-55 menghasilkan rendaman yang relatif tinggi sekitar 2045,35 kg, dibandingkan dengan penggunaan pasir progo dengan aspal penetrasi 60/70 yang menghasilkan rendaman sekitar 1643,53 kg. ditemukan juga bukti bahwa penggunaan pasir besi dengan aspal polimer starbit E-55 menghasilkan rendaman yang relatif tinggi sekitar 3,23 mm. hasil menunjukkan bahwa kelelahan untuk pasir besi lebih rendah jika dibandingkan penggunaan pasir progo.

Berikut merupakan tabel dari studi terdahulu dapat dilihat pada tabel 2.7 sebagai beikut:

Tabel 2.7 Studi Terdahulu

No.	Aspek	Sumarni Hamid Aly dan Taufik Takdir	Sahat Sihombing, Achmad Pahrul	Almuizza Khaliq (2022)	Asiono Rizki (2015)	Eko Stio Utomo (2017)

		(2011)	Rodji , dan Juni Ardi Akbar (2019)			
1.	Judul	Penggunaan Pasir Besi Sebagai Agregat Halus Pada Beton Aspal Lapisan Aus	Analisis Penggunaan Serbuk Batu Karang Sebagai Filler Pada Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).	Pengaruh Filler Batu Karang Pada Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC).	Pengaruh Penggunaan Limbah Pasir Besi Sebagai Bahan Campuran Agregat Halus Terhadap Nilai *Masrhall Test* pada Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (LATASIR) Kelas B	Pengaruh Penggunaan Pasir Besi Sebagai Substitusi Agregat Halus Dan Aspal Modifikasi Starbit E-55 Pada Campuran Laston AC-WC.
2.	Jenis Campuran	Laston	Laston	Laston	Latasir	Laston
3.	Variasi campuran	Variasi 1 pasir sungai 100%, variasi 2 pasir sungai 50% dan 50% pasir besi, variasi 3 pasir besi 100%	100% semen Portland, 50% semen Portland : 50% serbuk batu karang, 100% serbuk batu karang.	Penggunaan filler batu karang dengan variasi 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%	Variasi agregat limbah pasir besi sebesar 20%, 40%, 60%, 80%, dan 100%.	Variasi kadar aspal antara 4,5% sampai 6,5%

4.	Jenis aspal	Pertamina penetrasi 60/70	Pertamina penetrasi 80/70	Pertamina penetrasi 60/70	Pertamina penetrasi 60/70	Pertamina penetrasi 60/70 dan aspal polimer starbit E-55

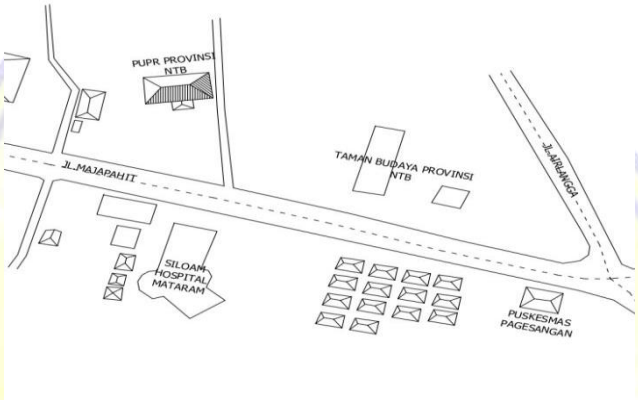
Kesimpulan dari penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu pada penelitian yang akan dilakukan menggunakan pasir besi sebagai agregat halus dan abu batu karang sebagai *filler* yang mana dicampur dalam satu sampel dengan komposisi campuran pasir besi 0%, 0,5%, 1%, dan 1.5%, sedangkan untuk abu batu karang variasi campurannya yaitu 0%, 5%, 10%, dan 15%. Untuk jenis campurannya berupa LASTON dan memakai aspal penetrasi 60/70.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi Penelitian dan Metode Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di laboratorium Bahan Jalan Dinas Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang (DPUPR) Provinsi Nusa Tenggara Barat. Lokasi penelitian dapat dilihan pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Lokasi Pengujian

Dimana dalam penelitian ini akan menggunakan *Marshall test* dengan *filler* pengganti abu batu karang dengan perbandingan campuran sebagai berikut: (1) abu batu karang 0%:2% semen, (2) abu batu karang 0,5%:1,5% semen, (3)abu batu karang 1%:1% semen, dan (4)abu batu karang 1,5%:0,5% semen. Selain penggantian *filler* dalam penelitian ini juga mengganti sebagian agregat halus menggunakan pasir besi dengan perbandingan campuran sebagai berikut: (1) pasir besi 0%:30% abu batu, (2) pasir besi 5%:25% abu batu, (3) pasir besi 10%:20% abu batu, dan (4) pasir besi 15%:15% abu batu.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

jenis data dalam penelitian ini yaitu:

1. Data Primer

   Data primer merupakan informasi yang dikumpulkan secara perlahan melalui berbagai proses peresapan yang dilakukan secara mandiri, misalnya dengan mengumumkan secara perlahan penelitian atau pekerjaan lain yang

sedang dilakukan. Data primer dalam analisis hasil uji penelitian ini meliputi hasil uji *marshall*, hasil uji kadar aspal efektif, dan hasil *marshall* kadar aspal optimal, dan *volumetrik* benda uji.

2. Data Sekunder

Data sekunder ialah informasi yang diperoleh dari hasil survey pertama atau yang baru dilakukan dan sangat berkaitan dengan survey pertama. Kumpulan data dalam penelitian ini berasal dari Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum dan Laboratorium Pengujian Material Konstruksi Dinas Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang Provinsi Nusa Tenggara Barat berupa pemeriksaan agregat dan karakteristik aspal.

3.3 Peralatan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Alat pemeriksaan agregat, terdiri dari:

a) Satu set alat uji saringan (*sieve*) standar ASTM.

Alat uji yang digunakan untuk pemeriksaan agregat saringan standar (yang terdiri dari ukuran ¾’, ½”, 3/8” #4, #8, #16, #30, #50, dan #200. Untuk mengurutkan ukuran agregat dari yang terkecil sampi terbesar seperti pada Gambar 3.2 sebagai berikut:

Gambar 3. 2 Saringan Standar STM

b) Satu set alat Pengujian Volumetrik

Untuk mengukur volume cairan dan atau memindahkannya dengan

akurasi yang tergantung spesifikasi nya. Seperti pada Gambar 3.3 sebagai berikut:

Gambar 3.3 Alat Pengujian Volumetrik

2. Oven dan pengatur suhu.

Merupakan alat yang digunakan untuk mengeringkan benda uji dalam suhu tertentu untuk mendapatkan data yang dibutuhkan. Seperti pada Gambar 3.4 sebagai berikut:

Gambar 3.4 Oven atau Pemanas Agregat

3. Timbangan Digital

Merupakan alat yang digunakan untuk menimbang benda uji, yang dimana timbangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah timbangan dengan ketelitian 0,1 gram. Seperti pada Gambar 3.5 sebagai berikut:

Gambar 3.5 Timbangan Digital

4. Termometer

Alat yang digunakan untuk mengukur suhu atau temperatur aspal. Seperti pada Gambar 3.6 sebagai berikut:

Gambar 3.6 Termometer

5. Alat pembuat briket campuran aspal hangat terdiri dari :
   a. Satu set cetakan (*mold*) berbentuk silinder dengan diameter 101,45 mm, tinggi 80 mm lengkap dengan plat atas dan leher sambung. Seperti pada Gambar 3.7 sebagai berikut:

Gambar 3.7 Cetakan Benda Uji Briket

b. Alat penumbuk (*compactor*) yang mempunyai permukaan tumbuk rata berbentuk silinder, dengan berat 4,536 kg (10 lbs), tinggi jatuh bebas 45,7 cm (18”). Seperti pada Gambar 3.8 sebagai berikut:

Gambar 3. 8 Alat Penumbuk

c. Satu Set Alat Pengangkat Briket (Dongkrak Hidrolis) yang digunakan untuk mengeluarkan benda uji di dalam mold. Seperti pada Gambar 3.9 sebagai berikut:

Gambar 3.9 Dongkrak Hidrolis

6. Satu Set *Water Bath* yang digunakan untuk merendam benda uji di dalam suhu 60° C selama 30 menit. Seperti pada Gambar 3.10 sebagai berikut:

Gambar 3.10 Water Bath

7. Satu set alat Marshall, terdiri dari :
   a. Kepala penekan yang berbentuk lengkung (*Breaking Head*), dengan jari – jari bagian dalam 50,8 mm (2 in)
   b. Dongkrak pembebanan (*loading jack*) yang digerakkan secara elektrik dengan kecepatan pergerakan vertikal 50,8 mm/menit.
   c. Cincin penguji (*proving ring*) berkapasitas 2500 kg dan atau 5000 kg dilengkapi dengan arloji (*dial*) tekan dengan ketelitian 0,0025 (0,001 in).
   d. Arloji pengukur alir (*flow*) dengan ketelitian 0,25 mm beserta pelengkapnya.

   Fungsi dari alat *marshall* untuk mengetahui nilai stabilitas dan kelelehan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk. Seperti pada Gambar 3.11 sebagai berikut:

Gambar 3.11 Satu Set Uji Alat *Marshall*

8. Alat Penunjang

a. Panci, berfungsi sebagai wadah untuk campuran agregat campuran aspal. Seperti Gambar 3.12 sebagai berikut:

Gambar 3.12 Panci

b. Wajan, spatula dan kompor gas yang berfungsi untuk memanaskan aspal. Seperti pada Gambar 3.13 sebagai berikut:

Gambar 3.13 Wajan, Spatula, dan Kompor Gas

c. Sarung tangan, berfungsi untuk melindungi tangan ketika memanaskan campuran aspal. Seperti pada Gambar 3.14 sebagai berikut:

Gambar 3.14 Sarung Tangan

3.4 Bahan

Bahan-bahan yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Agregat

   Agregat yang digunakan berasal dari PT. Sinar Bali Binakarya Jalan Raya Mujur Lombok Tengah. Agregat yang digunakan ada dua yang pertama agregat kasar berupa batu pecah, kerikil dan yang kedua agregat halus berupa abu batu, *filler*.
2. Aspal penetrasi 60 / 70 diperoleh dari PT. Pertamina
3. *Filler* atau material lolos saringan No. 200 yang digunakan dalam penelitian ini adalah abu batu karang, gambar 3.15 serbuk batu karang dapat dilihat dibawah ini

Gambar 3.15 serbuk batu karang lolos saringan #200

4. Pasir besi diperoleh dari limbah alam yang tidak terpakai dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Gambar 3.16 Pasir besi

3.5 Lokasi pengambilan sampel.

Foto pengambilan sampel batu karang dimana alamat pengambilan dari sampel tersebut berada di Dusun Lendang Sekaroh, Desa Sekaroh, Kecamatan Jerowaru, Kabupaten Lombok Timur. gambar foto lokasi sampel dapat dilihat dibawah ini

Gambar 3.17 Foto lokasi pengambilan sampel batu karang

Foto pengambilan sampel pasir besi yang beralamat di Pohgading Timur Kecamatan Pringgabaya Kabupaten Lombok Timur, foto lokasi sampel dapat dilihat pada gambar dibawah ini

Gambar 3.18 Foto lokasi pengambilan sampel pasir besi

3.6 Rancangan Campuran Aspal Untuk Memperoleh KAO

Dalam menentukan jumlah benda uji yang dilakukan adalah dengan menentukan kadar aspal tengah (Pb), kadar aspal tengah selanjutnya digunakan untuk menjadi pedoman dalam pembuatan benda uji agar memperoleh kadar aspal optimum (KAO) pada suatu campuran. Dalam perencanaan suatu komposisi campuran beraspal maka kadar aspal optimum ditentukan dengan rumus berdasarkan spesifikasi Depkimpraswil 2002 sebagai berikut:

P = 0,035 (%CA) + 0,045 (%FA) + 0,18 (FF) + Konstanta (K)….(3.1)

Dengan:

Pb = kadar aspal rencana perkiraan

CA = agregat kasar (tertahan saringan No. 4)

FA = agregat halus (lolos No. 4 tertahan saringan No. 200)

FF = bahan pengisi (lolos saringan No. 200)

K = 0,5-1 untuk laston

Rencana setelah mendapatkan kadar aspal yaitu membuat variasi campuran menggunakan serbuk batu karang sebagai *filler* dan pasir besi sebagai agregat halus dengan variasi campuran 0% batu karang dan 0% pasir besi, 0,5 % batu karang dan 5,0 % pasir besi, 1,0 % batu karang dan 10,0 % pasir besi, 1,5 % batu karang dan 15,0% pasir besi .

Adapun jumlah dari sampel yang dibutuhkan pada saat melakukan pengujian dapat dilihat pada tabel 3.2 sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jumlah Sampel Pengujian

NO	Variasi *Filler*	Variasi Agregat Halus	*Marshall test*
1	0	0	3
2	0,5	5	3
3	1	10	3
4	1,5	15	3
Total			12

3.7 Prosedur pelaksanaan

3.7.1 Pembuatan benda uji

Sebelum merancang pembentukan benda uji, konstruksi rancang campur (*mix designi)* dimulai, penyusunan rancang campur terdiri dari perencanaan gradasi agregat, pembiayaan aspal, dan pengukuran komposisi untuk masing-masing komponen, termasuk filler, aspal, dan agregat. Kelulusan yang memenuhi standar SNI dengan menggunakan persyaratan kelulusan spesifikasi umum spesifikasi Umum Bina Marga 2018.

Prosedur pembuatan benda uji dibagi menjadi beberapa langkah, yakni:

1. Langkah I

   Menyiapkan alat dan bahan yang akan dipakai, setelah itu menentukan komposisi campuran yang sesuai dengan cara menentukan masing-asing jumlah butiran agregat dengan menimbangnya sesuai proporsi campuran agar mendapatkan komposisi yang sesuai.

2. Langkah II

   Mencari berat pengisi, agregat dan aspal penetrasi 60/70, setelah itu mencampur semua komposisi sehingga mendapat jumlah total pencampuran sebanyak 1200.

3. Langkah III

   Setelah di oven agregat diletakkan ke dalam wajan yang dimana wajan sudah diletakkan di penimbang digital setelah itu menuang agregat yang sudah ditentukan sesuai komposisi dan mencari berat aspal dengan cara menuang aspal ke agregat.

4. Langkah IV

   Sesudah aspal dituang ke agregat kemudian dilakukan pencampuran dimana pencampuran ini dilakukan di atas kompor gas dan diaduk sampai rata sampai semua permukaan agregat diselimuti aspal. Setelah tercampur merata kemudian agregat yang sudah dicampur didiamkan terlebih dahulu

sampai suhu 120° - 140° untuk pemadatan, setelah itu campuran tersebut dimasukkan kedalam mol cetakan dan dilapisi kertas pada bagian bawah dan atas pada cetakan penumbuk.

5. Langkah V

   Campuran yang sudah dituang ke dalam mol dan dilapisi kertas kemudian ditumbuk sebanyak 75 kali pada bagian sisi atas dan sisi bawah. Setelah ditumbuk benda uji lalu didinginkan selama kurang lebih dua jam, setelah dingin benda uji dikeluarkan dari cetakan mol dengan memakai dongkrak yang sudah disiapkan.

6. Langkah VI

   ketika benda uji sudah dikeluarkan dari cetakan mol selanjutnya benda uji dilakukan penimbangan pada udara, dalam air dan jenuh setelah itu dilakukan perendaman dalam water bath selama 30 menit setelah itu dilakukan pengujian *volumetrik* dan *marshall.*

3.7.2 Volumetrik Test

Tes volumetrik dilakukan dengan maksud agar dapat mengetahui VIM dari setiap benda uji. Tahap pengujian volumetrik tes antara lain:

1. Langkah I

   Benda uji dipilah berdasarkan ukurannya untuk dilakukan perendaman selama 1 hari dengan tujuan agar dapat menghilangkan debu, setelah direndam lalu kemudian dilakukan penjemuran..

2. Langkah II

   Volume *bulk* dan *densitas* dihitung dengan rumus yang ada pada volumetrik test setelah ditemukan hasil pengukuran tinggi, berat, dan diameter benda uji.

3. Langkah III

   Pada tahap ini dilakukan penghitungan berat jenis terhadap setiap benda uji.

4. Langkah IV

   Pemeriksaan dan perhitungan ciri-ciri sifat *Marshall* dilakukan pada tahap ini.

5. Langkah V

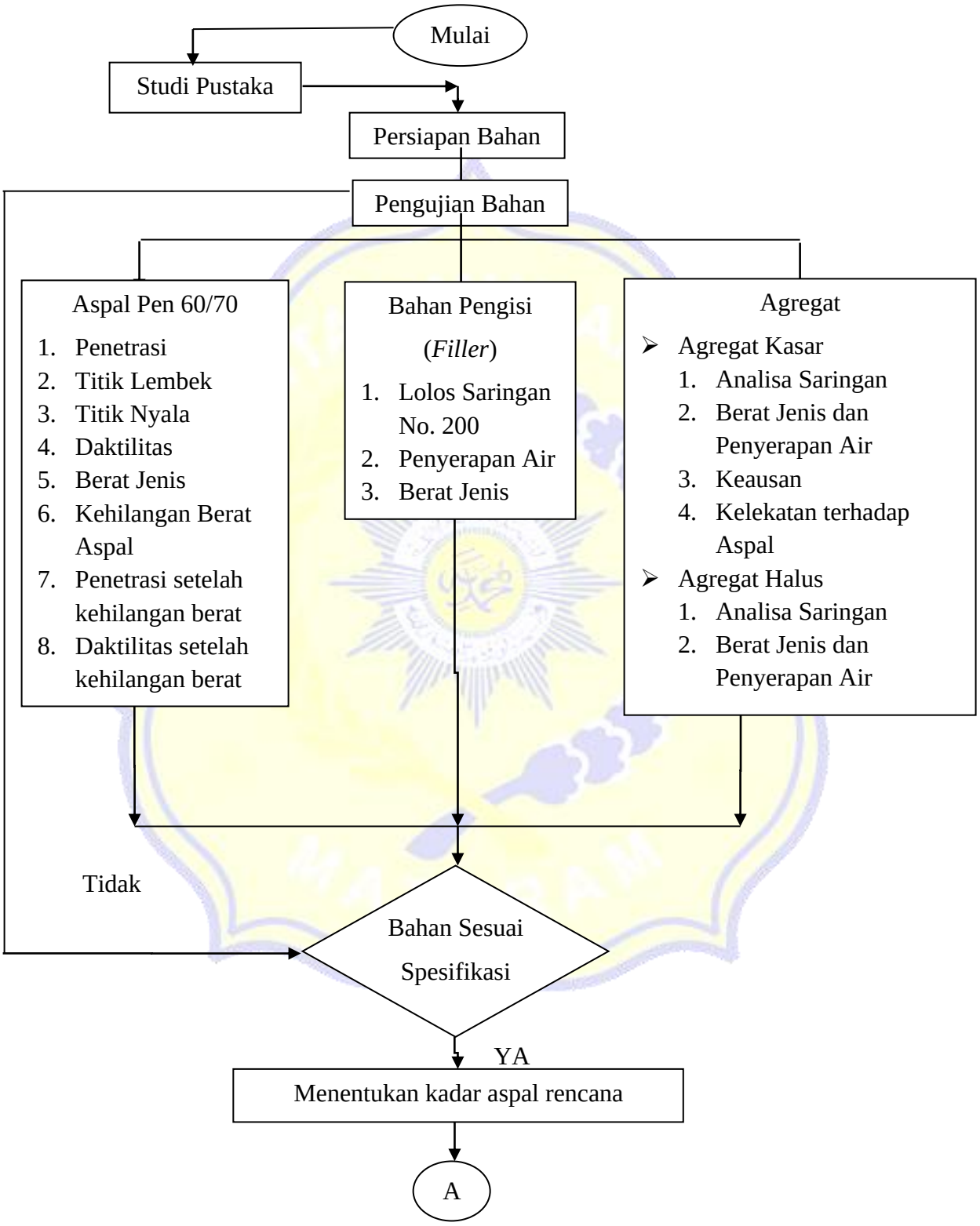
   Setelah perhitungan yang dilakukan pada tahap sebelumnya akan diperoleh grafik yang nantinya akan digabungkan dengan grafik pada tahap ini.

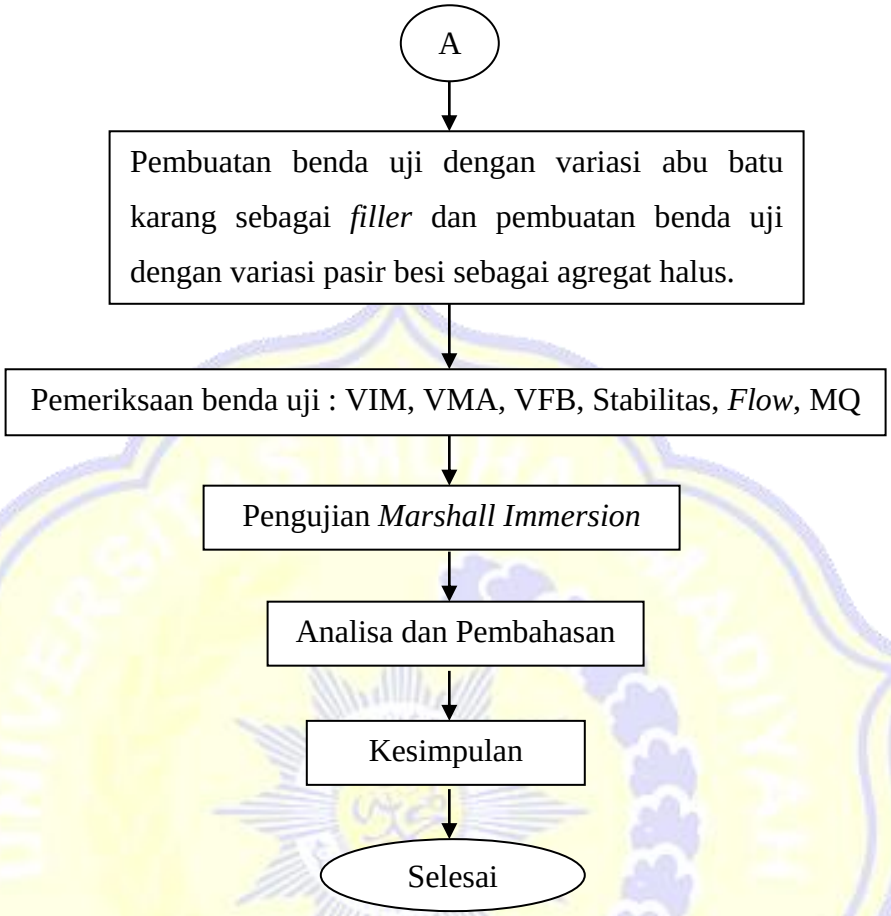
3.7.3 Marshall Test

Pengujian *Marshall* ialah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui ketahanan atas kelelahan plastis. Tingkat stabilitas dalam campuran, kelelehannya juga angkat menibgkat maka semakin tinggi juga nilai kelelehan tersebut. Dengan tingkat stabilitas yang tinggi, bisa diambil kesimpulan bahwa aspal mampu menghalau beban. Tahap pengujian *marshall* antara lain:

1. Dilakukan perendaman kurang lebih 24 jam terhadap benda uji. Hal ini sesuai dengan Ketentuan Umum Bina Marga 2018.
2. Perendaman benda uji dilakukan dalam *Water Bath* dalam kurn waktu kurang lebih 30 – 40 menit dalam suhu 60 ˚C.
3. Setelah direndam, benda uji kemudian dikeluarkan dan diletakkan untuk dilakukan pengujian pada alat uji *marshall*.
4. Pengujian yang telah dilakukan bertujuan untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelehan.
5. Nilai stabilitas dan nilai MQ ditentukan dengan rumus 2.14.

3.8 Bagan Alir Penelitian





Gambar 3.19 Bagan Alir Penelitian