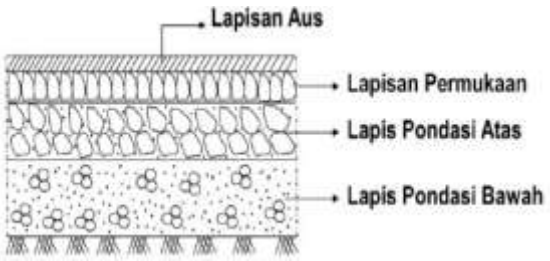
# BAB II
# LANDASAN TEORI

## 2.1 Lapisan Aspal Beton

Aspal ialah suatu bahan *thermoplastis* yang lunak atau lebih cair jika temeperatur bertambah dan akan mengeras atau lebih kental jika temperatur berkurang (Samsul Arif 2018). Agregat yang dimaksud terdiri dari agregat kasar dan agregat halus. Lapisan aspal beton adalah lapisan aspal dengan cara mencampurkan suatu aspal dan agregar terlebih dahulu dengan temperatur panas, digelar dalam keadaan panas dan kemudian dipadatkan sampai kepadatan tertentu (Ir. Soehartono,2015).

Ciri dari aspal beton adalah memiliki rongga di dalam struktur agregat dan saling mengunci satu sama lain, maka dari itu aspal beton memiliki sifat stabilitas yang tinggi dan relative kaku (Direktorat Jenderal Bina Marga, 2010) Dan sesuai fungsinya, ada 3 macam campuran yaitu :

1. Lapisan aspal beton sebagai lapisan aus atau dikenal dengan nama AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dengan tebal minimum 4 cm.
2. Lapisan aspal beton sebagai antara atau dikenal dengan nama AC-BC *(Asphalt Concrete-Binder Course*) dengan tebal minimum 6 cm.
3. Lapisan aspal beton sebagai pondasi atau dikenal dengan nama AC-Base (*Asphalt Concrete-Base*) dengan tebal minimum 7,5 cm




**Gambar 2.1** Lapisan Aspal
Sumber : Jurnal Sahat Sihombing, 2019

Jadi kesimpulan dari aspal adalah bahan perekat antara agregat kasar dan agregat halus yang kedap air. Untuk campuran AC-WC terdiri dari campuran agregat bergradasi rapat dan aspal yang dicampurkan keadaan panas pada suhu 150°C. Aspal AC-WC adalah lapisan beton aspal untuk permukaan jalan, biasanya tebal sekitar 5 cm, sebagai lapis aus sekaligus sebagai lapisan penutup ( Ir Soehartono, 2015). Pada dasarnya aspal terbuat dari rantai hidrokarbon yang disebut bitumen, oleh sebab itu aspal sering disebut material berbituminous.

Berdasarkan bentuk aspal dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu (Sukirman, 1999)

a. Aspal Keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras pada suhu ruangan ( 250-300 C ) yang berbentuk padat. Aspal Keras dibedakan berdasarkan nilai penetrasinya. Untuk aspal dengan penetrasi rendah digunakan pada daerah bercuaca panas, volume lalu lintas yang tinggi dan untuk aspal dengen penetrasi tinggi digunakan untuk daerah bercuaca dingin dan lalu lintas rendah. Aspal keras yang biasa digunakan adalah :

1. AC Pen 40/50
2. AC Pen 60/70
3. AC Pen 48/100

4. AC Pen 120/150
5. AC Pen 200/300

b. Aspal Cair ( *Cut Back Asphalt*)

Aspal cair yaitu campuran aspal keras dengan bahan pencair dari hasil penyulingan minyak bumi. Aspal cair digunakan untuk keperluan lapisan resap pengikat ( *prime coat* ).

c. Aspal Emulsi

Aspal Emulsi adalah aspal campuran dengan air dan bahan pengemulsi. Pada proses ini partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air. Berikut ini adalah spesifikasi dari aspal emulsi penetrasi 60/70 yang sering digunakan dalam pelaksanaan perkerasan jalan.

**Tabel 2.1** Spesifikasi Aspal Emulsi Pentrasi 60/70

| No. | Jenis Pengujian | Metode | Persyaratan |
|---|---|---|---|
| 1. | Penetrasi 25°C, 100 gr, 5 detik; 0,1 mm | SNI 06-2456-1991 | 60-70 |
| 2. | Viskositas 135°C | SNI 06-6441-1991 | 385 |
| 3. | Titik Lembek; °C | SNI 06-2434-1991 | ≥48 |
| 4. | Daktilitas pada 25°C | SNI 06-2432-1991 | ≥100 |
| 5. | Titik Nyala dan Titik bakar (°C) | SNI 06-2433-1991 | ≥232 |
| 6. | Berat Jenis | SNI 06-2441-1991 | ≥1,0 |

*Sumber : Spesifikasi Bina Marga,2010*

## 2.2 Bahan Material Penyusun Perkerasan Aspal

Menurut (SNI, 03-1737, 1989), bahan penyusun aspal terdiri dari agregat dan juga bahan pengikat yaitu aspal. Bahan pengisi (*filler*) atau juga aditif yang ditambahkan untuk menjamin sifat campuran agar memenuhi syarat dari ketentuan. Agregat merupakan bahan campuran beraspal yang memberikan

kontribusi sampai 90-95% terhadap campuran, sehingga sifat-sifat agregat adalah salah satu faktor penentu kinerja campuran tersebut (Sukirman, 1999). Sifat agregat salah satu faktor penentu kemampuan perkerasan jalan yang memikul beban lalu lintas dan daya tahan cuaca.

Untuk penentuan kualitas agregat sebagai bahan material perkerasan jalan adalah gradasi, kerbersihan, kekerasan dan ketahanan dari suatu agregat. Agregat mempunyai peranan yang sangat penting, khusunya pada konstrukti perkerasan jalan. Berdasarkan ukuran butiranya agregat dapat dibedakan sebagai berikut :

### 2.2.1 Agregat Kasar

Agregat kasar adalah meterial yang tertahan pada saringan atau ayakan No.8 (2,36 mm) menurut (Bahri Samsul, 2010). Agregat kasar dalam penggunaannya harus memenuhi syarat sebagai berikut :

a. Butiran keras yang tidak berpori dan tidak pecah karena pengaruh cuaca seperti panas dan hujan.
b. Tidak boleh mengadung zat yang dapat merusak batuan seperti zat yang reaktif terhadap alkali.
c. Tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 1%, jika melebihi maka harus dibersihkan terlebih dahulu sebelum digunakan.
d. Mengontrol workability atau sifat dikerjakan adukan beton. Dengan gradasi yang baik akan diperoleh sifat beton yang mudah dikerjakan
e. Agregat kasar yang berbutir pipih yang digunakan apabilah jumlahnya tidak melebihi 20% dari berat keseluruhan.

Dan berikut adalah tabel ketentuan untuk agregat kasar.

**Tabel 2.2** Ketentuan Agregat Kasar

| Jenis Pemeriksaan | Metode Pengujian | Persyaratan |
|---|---|---|
| Berat jenis *Bulk* | SK SNI 1969-2008 | Min. 2,5 |
| Berat Jenis SSD | | |
| Berat Jenis Semu | | |
| Penyerapan,% | SK SNI 1969-2008 | Maks. 3% |

*Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum Republik Indonesia,Spesifikasi Umum 2010 Devisi*

**Gambar 2.2** Agregat Kasar
Sumber : Dokumen Peneliti, 2021

### 2.2.2 Agregat Halus

Agregat halus adalah pengayakan batu pecah yang lolos saringan atau ayakan No.8 (2,36 mm) menurut (Bahri Samsul, 2010). Agreagat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%, serta tidak mengandung zat organik yang dapt merusak beton. Kegunaan agregat halus adalah untuk mengisi ruangan antara butir agregat kasar. Menurut (SNI 03-1970, 2008) agregat halus mempunyai syarat sebagai berikut :

a. Butiran halus bersifat kekal yang tidak hancur karena pengaruh segela cuaca. Sifat kekal ini harus dapat diuji dengan larutan jenuh garam. Jika dipakai natrium sulfat maksimum bagian yang hancur adalah 10% berat.
b. Agregat halus terdiri dari butiran tajam dan keras.
c. Agerat halus tidak boleh mengandung lumpur lebih dari 5%.

Dan untuk ketentuan agregat halus yaitu :

**Tabel 2.3** Ketentuan Agregat Halus

| Pengujian | Metode Pengujian | Persyaratan |
|---|---|---|
| Berat jenis curah (bulk) | SK SNI 1970-2008 | ≥ 2,5% |
| Berat jenis SSD | SK SNI 1970-2008 | ≥ 2,5% |
| Berat jenis semu | SK SNI 1970-2008 | ≥ 2,5% |
| Penyerapan | SK SNI 1970-2008 | ≤ 3,0% |

*Sumber : Direktorat Jenderal Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum, Spesifikasi Umum 2010*

**Gambar 2.3** Agregat Halus

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

### 2.2.3 Filler

Fungsi filler ini adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga memperkuat lapisan aspal. Pada waktu digunakan bahan pengisi harus kering dan

tidak boleh menggumpal. Untuk ketentuan filler pada campuran aspal menurut (Bina Marga 2010) adalah :

a. Bahan pengisi harus kering dan bebas dari gumpalan, bila diuji dengan pengayakan (SNI 03-1968, 1990) harus lolos ayakan No.200 tidak kurang dari 75% terhadap berat filler.
b. Bahan pengisi yang ditambahkan terdiri dari batu kapur,semen atau abu terbang yang sumbernya disetujui oleh Direksi Pekerjaan.
c. Semua campuran beraspal harus mengandung bahan pengisi yang ditambahkan tidak kurang dari 1% dan maksimum 2% dari berat total agregat. Berikut adalah tabel ketentuan filler untuk campuran aspal AC-WC.

**Tabel 2.4** Ketentuan Filler Aspal AC-WC

| Pengujian | Standar | Nilai |
|---|---|---|
| Material lolos saringan No.200 | Bina Marga 2010 | Min. 75% |

*Sumber : Kementrian Pekerjaan Umum Direktorat Jendral Bina Marga*

**Gambar 2.4** Filler Abu Batu dan Semen Porland

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

#### 2.2.3.1 Serbuk Besi

Serbuk besi merupakan salah satu bahan alternatif yang dapat digunakan untuk bahan tambah perkerasan jalan. Serbuk besi ini bahan limbah dari sisa potongan atau bubut yang berbahan dasar besi. Bijih besi yang berasal dari alam merupakan senyawa dengan oksigen *hematite* (Fe2O3), *magnetite* (Fe3O4), *limonite* (Fe2O3) atau *siderite* (Fe2CO3). Dalam proses pembentukan senyawa oksida pada alam terjadi selama ribuan tahun. Kandungan dari senyawa besi yang ada dibumi mencapai 5% dari seluruh lapisan kerak bumi (Bahri, 2017). Persyaratan filler serbuk besi sebagai berikut :

1. Lebih dari 75% lolos saringan No.200
2. Agregat yang lolos saringan No.100
3. Bersifat non plastis.

Adapun ideal kandungan kimia serbuk besi menurut (Bahri Samsul, 2010) seperti dibawah ini :

**Tabel 2.5** Kandungan Oksida Serbuk Besi

| No. | Komposisi Bahan | Jumlah (%) |
|---|---|---|
| 1. | Silikon (Si) | 1-3 |
| 2. | Carbon (C) | 2-4 |
| 3. | Mangan (Mn) | 0,8 |
| 4. | Fospor (P) | 0,1 |
| 5. | Sulfur (S) | 0,05 |
| 6. | Besi (Fe) | sisa |

*Sumber : Samsul Bahri, 2010*

Untuk mendapatkan serbuk besi ini didapatkan pada bengkel las atau pabrik peleburan besi yang mempunyai ciri kandungan mineral yang tinggi. Untuk sifat-sifat besi sendiri sebagai berikut :

a. Daya tahan terhadap air rendah.

b. Profil besi keras dan dapat mencair jika dipanaskan dengan suhu tertentu.

c. Tahan terhadap tekan.

d. Mempunyai warna lapis putih mengkilat dan bila digosokan terasa kasar.

e. Dapat tenggelam dalam air.

f. Daya lekat atau plastisitasnya ada jika terjadi perpaduan campuran.

g. Perkembangan struktur ikatan baik.

**Gambar 2.5** Serbuk Besi

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

## 2.3 Aspal

Aspal merupakan jenis pekerasan jalan yang terdiri dari bahan campuran agregat dan aspal (Sukirman, 2003). Aspal digunakan sebagai material dalam perkerasan jalan yang mempunyai fungsi sebagai berikut :

a. Sebagai bahan pengisi rongga antar butiran agregat dan pori-pori yang ada pada agregat itu sendiri.

b. Sebagai bahan pengikat antara agregat atau aspal itu sendiri.

Pada dasarnya aspal terbuat dari suatu rantai hidrokarbon yang disebut bitumen. Oleh sebab itu sering disebut berbituminous. Aspal memiliki sifat adhesi dan juga kohesi yaitu kemampuan mengikat aspal dan mempertahankan ikatan dengan baik. Adapun sifat dari aspal adalah :

1. Daya tahan aspal (durability)

Daya tahan aspal di dasarkan pada daya tahan lama terhadap perubahan sifatnya apabila mengalami *proccesing* dan juga pengaruh cuaca. Semua ini berpengaruh terutama atas daya tahan terhadap pengerasan sesuai dengan berjalannya waktu.

2. Adhesi dan kohesi

Adhesi adalah kemampuan aspal untuk mengikat agregat sehingga terbentuk ikatan yang baik antara agregat dan aspal. Kohesi adalah kemampuan aspal untuk mempertahankan agregat tetap di tempatnya setelah terjadi pengikatan terhadap aspal.

3. Kepekaan terhadap temperatur

Aspal adalah material yang termoplastis, yaitu akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Aspal yang cair dapat masuk ke pori – pori agregat pada penyiraman lapis perkerasan. Jika temperatur mulai turun, aspal akan mulai mengeras dan mengikat aspal pada tempatnya.

4. Pengaruh pengerasan aspal

Aspal melalui proses pencampuran, dipanaskan, dan dicampur dengan agregat. Agregat dapat dilapisi dengan penyiraman aspal panas kepermukaan

agregat yang telah disiapkan pada proses pelaburan. Terjadi proses oksidasi selama proses pelaksanaan, menyebabkan aspal menjadi rapuh (viskositas bertambah tinggi). Perisitiwa perapuhan terus berlangsung setelah masa pelaksanaan selesai. Selama masa pelayanan, aspal mengalami oksidasi dan polimerisasi yang besarnya dipengaruhi pula oleh ketebalan aspal yang menyelimuti agregat. Jika semakin tipis suatu lapisan aspal, maka semakin besar tingkat kerapuhan yang akan terjadi. (Sukirman, 1999).

**Gambar 2.6** Aspal Cair

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

## 2.4 Pengujian Properties Aspal

### 2.4.1 Pemeriksaan Aspal

Pemeriksaan aspal (*asphalt properties*) dari campuran dilakukan melalui beberapa uji meliputi :

a. Uji Penetrasi

Percobaan ini bertujuan untuk menentukan apakah aspal keras atau lembek dengan memasukkan jarum penetrasi ukuran tertentu, beban,

waktu tertentu kedalam aspal pada suhu tertentu kedalam bitumen pada suhu tertentu. Besarnya penetrasi diukur dan dinyatakan dalam angka yang dikalikan dengan 0,1 mm. Semakin tinggi nilai penetrasi menunjukkan bahwa aspal semakin elastis dan membuat perkerasan jalan menjadi lebih tahan terhadap kelelehan. Hasil pengujian ini selanjutnya dapat digunakan sebagai pengendalian mutu aspal atau untuk keperluan pembangunan, peningkatan atau pemeliharaan jalan. Pengujian penetrasi ini sangat dipengaruhi oleh fakor berat beban total, ukuran sudut dan kehalusan permukaan jarum, temperatur dan waktu.

**Gambar 2.7** Uji Penetrasi Aspal
Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

b. Titik Nyala dan Titik Bakar

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik nyala dan titik bakar dari semua jenis hasil minyak bumi kecuali minyak bakar dan bahan lainnya yang mempunyai titik nyala open cup. Titik Nyala adalah suhu pada saat terlihat nyala singkat pada suatu titik diatas permukaan

aspal. Titik Bakar adalah suhu pada saat terlihat nyala sekurang kurangnya 5 detik pada suatu titik diatas permukaan aspal.

**Gambar 2.8** Uji Titik Nyala dan Titik Lembek Aspal

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

c. Titik Lembek

Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan titik lembek aspal yang berkisar antara 30°C - 200°C. Titik lembek adalah suhu pada saat bola baja dengan berat tertentu mendesak turun suatu lapisan aspal yang tertahan dalam cincin berukuran tertentu, sehingga aspal tersebut menyentuh plat dasar yang terletak di bawah cincin berukuran tertentu pada besaran waktu tertentu sebagai akibat kecepatan pemanasan tertentu.

**Gambar 2.9** Uji Titik Lembek Aspal

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

### 2.4.2 Agregat Properties

Berat jenis merupakan perbandingan antara massa dan volume dari suatu agregat. Terdapat beberapa jenis dari berat jenis yaitu (Sukirman, 2003):

a. Berat jenis kering permukaan : berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering permukaan atau berat kering agregat ditambah berat air yang meresap kedalam pori-pori agregat.
b. Berat jenis bulk (*bulk specific gravity*) : berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan juga seluruh volume agregat.
c. Berat jenis efektif (*effective specific gravity*) : berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering, yang merupakan berat agregat kering dan volume agregat yang tidak dapat diresapi aspal.
d. Berat jenis semu (*apparent specific gravity*) : berat jenis dengan memperhitungkan berat agregat dalam keadaan kering dan volume agregat yang tidak dapat diresapi air.

**Tabel 2.6** Gradasi Agregat untuk Aspal

| **Ukuran ayakan (mm)** | **% berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran laston (AC)** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **Gradasi halus** | | | **Gradasi kasar** | | |
| 37,5 | WC | BC | Base | WC | BC | Base |
| 25 | - | - | 100 | - | - | 100 |
| 19 | - | 100 | 90-100 | - | 100 | 90-100 |
| 12,5 | 100 | 90-100 | 73-90 | 100 | 90-100 | 73-90 |
| 9,5 | 90-100 | 74-90 | 61-79 | 90-100 | 71-90 | 55-76 |
| 4,75 | 72-90 | 64-82 | 47-67 | 72-90 | 37-56 | 45-66 |
| 2,36 | 54-69 | 27-64 | 39,5-50 | 43-63 | 23-34,6 | 28-39,5 |

**Tabel 2.6** Lanjutan Gradasi Agregat untuk Aspal

| Ukuran ayakan (mm) | % berat yang lolos terhadap total agregat dalam campuran laston (AC) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Gradasi halus | | | Gradasi kasar | | |
| 1,18 | 39,1-53 | 34,6-49 | 30,8-37 | 28-39,2 | 15-22,3 | 12-18,1 |
| 0,600 | 23,1-30 | 20,7-28 | 17,6-22 | 13-19,1 | 10-16,7 | 7-13,6 |
| 0,300 | 15,5-22 | 13,7-20 | 11,4-16 | 9-15,5 | 7-13,7 | 5-11,4 |
| 0,150 | 9-15 | 4-13 | 4-10 | 6-13 | 5-11 | 4,5-9 |
| 0,075 | 4-10 | 4-8 | 3-6 | 4-10 | 4-8 | 3-7 |

Sumber *:* SNI 03-6819, 2002

**Gambar 2.10** Uji Material Agregat

Sumber : Dokumen Penelitian, 2021

## 2.5 Perencanaan Campuran Marshall

Adapun tahap dalam prosedut perencanaan campuran menurut (SNI 06-2489, 1991):

a. Memilih agregat yang akan dipakai dalam campuran

b. Memilih gradasi yang akan dipakai.

c. Menentukan perbandingan dari tiap agregat.

d. Menentukan banyaknya aspal yang akan dipakai berdasrkan kadar aspalnya.

Pemeriksaan *marshall* untuk menentukan ketahanan terhadap kelelehan plastis dari campuran aspal dan agregat. Dari proses persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat *marshall*, diperoleh data sebagai berikut :

1. Berat volume
2. Stabilitas menunjukkan kekuatan, ketahanan terhadap terjadinya alur.
3. Kadar aspal dinyatakan dengan bilangan desimal 1 angka dibelakang koma.
4. VIM persen rongga dalam campuran dinyatakan dengan bilangan desimal 1 angka dibelakang koma yang merupakan indikator dari durabilitas.
5. Kelelehan plastis dinyatakan dalam mm atau inci.
6. Penyerapan aspal, persen terhadap berat campuran sehingga diperoleh kadar aspal efektif.
7. VMA, persen rongga terhadap agregat.

## 2.6 Karakteristik *Marshall*

Konsep uji marshall dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall* seorang insinyur bersama dengan *The mississippi State Highway Department. Dan The U.S Army Corp of Engineers* melanjutkan penelitian tersebut dengan meningkatkan dan menambah kelengkapan pada prosedur pengujian marshall dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan campuran pengujiannya distandarisasikan dalam *American Society for Testing and Material* 1989.

Dan berikut karakteristik marshall yang dipengaruhi oleh sifat campuran :

a. Stabilitas, kemampuan perkerasan jalan ketika menerima beban tanpa mengalami perubahan bentuk adalah syarat dari kelayakan suatu jalan.

b. Kelelehan (*Flow*)

Kelelehan adalah saat perkerasan jalan menerima beban lalu lintas sampai batas keruntuhan dan mengalami perubahan bentuk plastis. Besar nilai kelelehan sangat dipengaruhi oleh besarnya kandungan aspal.

c. *Voids in Mineral Aggregat* (VMA) atau Rongga Dalam Agregat.

Nilai VMA banyak terpengaruh oleh bentuk dan tekstur dari agregat dan metode pemadatan yang digunakan. Tingak kekakuan perkerasan dapat diketahui dari nilai rongga dalam mineral agregat (VMA).

d. *Voids Filled by Asphalt* (VFA) atau Rongga Terisi Aspal.

Merupakan volume pori aspal beton padat yang terisi oleh aspal.

e. *Voids in Mixture* (VIM) atau Rongga Dalam Campuran.

Perkerasan jalan saat mengalami pemadatan tambahan oleh repetisi beban lalu lintas atau aspal menjadi lunak akibat meningkatnya temepratur, maka dibutuhkan volume pori untuk bergeseran butir agregat dalam rangka konsolidasi.

f. *Marshall Quotient* (MQ)

Merupakan hasil pembagian dari stabilitas dengan kelelehan. Perkerasan jalan yang unggul memiliki stabilitas yang mantap serta kelelehan yang cukup saat menerima repetisi beban lalu lintas.

## 2.7 Penelitian Terdahulu

1. **Panji Dwi Santosa, Juanita dkk (2019)**

   Pengaruh Limbah Serbuk Besi Sebagai Pengganti Sejumlah *Filler* Terhadap HRS (*Hot Rolled Shett*). Tujuan penelitian ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh limbah serbuk besi terhadap stabilitas dan flow. Dari pemanfaatan limbah serbuk besi pada perkerasan HRS dengan variasi 0%, 5%, 10%, dan 20% dari berat *filler*. Persentase 5% dan 10% penambahan variasi serbuk besi dari berat *filler* yang menghasilkan stabilitas dan *flow* yang memenuhi persyaratan terhadap sifat parameter marshall untuk perkerasan HRS-WC.

2. **M. D. I. Budianto dan Zulkifli Lubis (2020)**

   Alternatif Penggunaan Agregat Halus Batu Kapur Mantup Dalam Campuran Aspal Panas Ac-Wc. Dalam penelitian ini metode yang di gunakan adalah metode *marshall* : VIM (%), VMA (%), VIMA (%), VFWA (%), Stabilitas (kg), *Flow* dan *Marshall Quotien*. Kesimpulan penelitian ini adalah Penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berat agregat halus pada penelitian ini menunjukkan kenaikan nilai stabilitas *Marshall* (*Marshall Stability*) tertinggi sebesar 33,07% pada campuran 75%, kelelahan plastis (*Flow*) tertinggi sebesar 3,57% pada campuran 50%, rongga dalam campuran (*Void in the Mix*) yang masuk dalam spesifikasi angka tertinggi sebesar 7,49% pada campuran 0%, rongga terisi aspal (*Void Filled With Asphalt*) kenaikan tertinggi sebesar 85,22% pada campuran 75%, rongga dalam

agregat (*Void In Mineral Aggregate*) menurun sebesar 16,11% pada campuran 75%, serta *Marshall Quotient* meningkat sebesar 29,63% pada campuran75%.

3. **Samsul Bahri (2017)**

   Pemanfaatan Limbah Serbuk Besi Sebagai Agregat Halus Pada Campuran Aspal Panas. Tujuan penelitian ini adalah mencari pengaruh dan perbandingan nilai karakteristik *Marshall* antara campuran aspal panas normal dengan campuran aspal panas yang agregat halusnya diganti dengan limbah serbuk besi. Komposisi penggantian agregat halus dengan limbah serbuk besi ditetapkan sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%. Dari hasil penelitian ini yang memenuhi spesifikasi kadar aspal optimum dan uji *marshall* hanya variasi penggantian 0% dan variasi 25%. Variasi 25% lebih unggul dalam pemenuhan parameter *marshall*.

4. **Hery Awan Susanto (2020)**

   Pengaruh Penggunaan *Filler* Pasir Besi Dan Semen Dalam Campuran *Asphalt Concrete Wearing Course* (AC-WC). Pengujian marshall dilakukan untuk melihat kinerja campuran ac-wc dengan kombinasi *filler* 100% pasir besi, 50% pasir besi dengan 50% semen dan 100% semen dalam keadaan kering dan terendam air. Hasil menunjukan bahwa pasir besi dapat digunakan sebagai *filler* dalam campuran ac-wc. Stabilitas tertinggi diperoleh dalam campuran *filler* 50% pasir besi ditambah 50% semen.

5. **Kurnia Hadi Putra dan Mutiara Firdausi (2019)**

   Studi Eksperimen Penambahan Serbuk Arang Kayu Dengan Kadar 10% Terhadap *Filler* Semen Pada Campuran Perkersan AC-WC. Digunakan variasi serbuk arang kayu 10%. Dari data *marshall test* dapat memenuhi persyaratan sesuai spesifikasi Bina Marga 2010 adalah serbuk arang kayu yang kadarnya 10%. Pada benda uji serbuk arang kayu 10% dihasilkan VIM sebesar 5,32%, VMA 17,81, *Void Filled* 70,18, stabilitas 1254, *Flow* 3,17, *Marshall Quetiont* 427,5 dan tebal selimut aspal sebesar 8,020.

6. **Misbakhul Fitria Nur, Endang Iskak Imananto dkk (2017)**

   Pemanfaatan Serbuk Arang Batok Kelapa Sebagai Bahan Tambah Dengan *Filler* Abu Batu Untuk Meningkatkan Kinerja Karakteristik Beton Aspal (AC-WC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari campuran beton aspal (Laston) Lapis aus AC-WC dengan bahan tambah dari serbuk arang batok kelapa. Didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 6,08% dengan *filler* abu batu nilai stabilitas 997.13 kg, Flow 3.45mm, VIM 4.25%, VMA 17.94%, MQ 295.37kg/mm. Pada variasi bahan tambah serbuk arang batok kelapa didapatkan nilai kadar optimum3.29% (28.95gram) dengan nilai stabilitas (1033.02 kg), Flow 3.90 mm,VIM 3.74%, VMA 17.46%, MQ 278.95kg/mm , IP 90.23%. Nilai-nilai dari *filler* abu batu dan bahan tambah serbuk arang batok kelapa memenuhi spesifikasi Bina Marga 2010. Uji statistik hipotesis Fhitung > Ftabel menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata, Stabilitas 24.696 > 2.66 (Ha diterima dan Ho ditolak), Flow 3.463 >

2.255 (Ha diterima dan Ho ditolak), VIM 3.624 > 2.305 (Ha diterima dan Ho ditolak), VMA 3.682 > 2.305 (Ha diterima dan Ho ditolak), MQ 8.551 > 2.278 (Ha diterima dan Ho ditolak), VFA 2.906 > 2.321 (Ha diterima dan Ho ditolak).

7. **Nunung Widyaningsih dan Fiko farnolo Hamzah (2019)**

   Pengaruh Variasi Kadar Filler Abu Cangkang Kerang Terhadap Parameter *Marshall* Di Lapisan Laston AC-WC. Pengujian dilakukan dalam 2 tahap yaitu, pengujian benda uji dengan filler semen portland yang dilakukan untuk mendapatkan parameter *Marshall* dan nilai KAO dan pengujian benda uji dengan *filler* abu cangkang kerang untuk menghasilkan parameter Marshall dan nilai kadar filler optimum. Pengujian yang dilakukan pada campuran lapis AC-WC didapat nilai KAO sebesar 6,2% dan nilai kadar filler optimum 5,2%.Nilai stabilitas dengan 7% *filler* abu cangkang kerang didapat 4810.787 kg dengan perendaman benda uji selama 30 menit dan 4203.7 kg dengan 7% filler abu cangkang kerang dengan perendaman benda uji selama 24 jam pada suhu 60 °C.

8. **Faisal Abdul Yusuf, Ahmad Ridwan dkk (2019)**

   Penelitian Penambahan Bahan Serbuk Dolomite Dan Pasir Brantas Pada Campuran Aspal Beton. Pada penelitian ini, campuran aspal beton diberi bahan tambahan serbuk dolomite sebagai campuran pada *filler* agar menjadi bahan alternatif campuran *filler* semen portaland untuk meminimalisir harga semen portaland yang semakin mahal dan pasir brantas sebagai agregat halus. Dari hasil penelitian didapat nilai

penambahan serbuk dolomite dengan kadar 5%, 10%, 15% pada nilai VIM sebesar 11,99%, 15,28%, 10,29, nilai VMA 26,30%, 29,05%, 24,88%, nilai VFB 54,49%, 48,33%, 58,81%, nilai stabilitas 3402,503 kg, 3294,030 kg, 1958,946 kg, nilai MQ 733,8130 kg, 456,1891 kg, 471,9089 kg dan dari grafik pengujian kadar optimum pada kadar 5,5% sampai 8% dan kadar maximum pada kadar 5%.

9. **Satria Arung Bangun Samodera, Yosef Cahyo S.P, dkk (2019)**

   Penelitian Penambahan Serbuk Bata Merah Dan Pasir Brantas Pada Aspal Beton. Penelitian ini mengunakan tiga jenis sampel penambahan serbuk batu bata merah pada aspal beton dengan campuran 5%, 10%, dan 20% Hasil pengujian masing masing mengalami penurunan dengan penambahan serbuk batu bata merah yaitu antara lain 5% sebesar 289,992 kg,10% sebesar 2248,822 kg,20% sebesar 1574,782,dan menghasilkan volume rongga udara terhadap campuran (VIM) dengan kadar 5%, 10%, 20% yaitu antara lain 8,481%, 9,444%, 8,334%, dan menghasilkan volume pori antara butir agregat (VMA) dengan kadar 5%, 10%, 20% yaitu antara lain22,575%, 23,390%, 22,450%, dan menghasilkan volume pori agregat yang terisi aspal (VFB) dengan kadar 5%, 10%, 20% yaitu antara lain 62,575% ,59,903%, 62,897%, dan menghasilkan *marshall quotient* (QM) dengan kadar 5% sebesar 942 kg/mm, 10% sebesar 632 kg/mm, dan 20% sebesar 378%. Untuk mencapai kadar optimum maka campuran serbuk batu bata merah pada aspal beton berkisar antara < 5%.

**10. Budi Winarno, Ki Catur Budi, dkk (2020)**

Pengaruh Abu Batu Sebagai Filler Terhadap Kinerja Aspal Beton AC-WC Pada *Test Marshall*. Penelitian ini menggunakan penambahan limbah benda uji beton dengan presentase normal, 30%, 50%, 70% dan 100%. hasil penelitian campuran aspal beton menggunakan abu batu sebagai *filler* dengan 5 sampel pada metode marshall menunjukan hasil, bahwa semua hasil memenuhi persyaratan bina marga pada nilai VMA 18,22 %, nilai VIM 4,22. % , nilai VFB 75,04 %, nilai stabilitas 4806 kg, nilai *flow* 3,24 mm, dan nilai *Marshall Quotient* (MQ) 14958,1 kg/mm.

**11. Razuardi, Sofyan M. Saleh, dkk (2018)**

Pengaruh Penambahan Buton Rock Asphalt (BRA) Sebagai *Filler* Pada Campuran Laston Lapis AUS (AC-WC). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh mineral dan bitumen yang terkadung didalam buton rock asphalt terhadap karakteristik marshall yang kemudian dibandingkan dengan campuran beraspal panas menggunakan abu batu sebagai *filler*. Kadar aspal yang digunakan adalah 4,5%, 5%, 5,5%, 6% dan 6,5% untuk kedua jenis filler yang berbeda. Dari hasil parameter marshall didapat nilai stabilitas terbaik pada kadar aspal 5% sebesar 1302,30 kg, *density* 2,41 gr/cm$^3$, VIM sebesar 5,59%, VMA sebesar 17,42%, VFB sebesar 67,96% dan flow sebesar 3,2 mm, dan *marshall quentient* sebesar 565,74 kg/mm, sedangkan kadar aspal optimum dengan menggunakan abu batu sebagai *filler* sebesar 5,51 % menghasilkan stabilitas terbaik pada kadar aspal 5,5 % sebesar 1767,02 kg, density 2,39 gr/cm$^3$, VIM sebesar 3%, VMA

sebesar 16,21%, VFB sebesar 81,99% dan flow sebesar 2,7 mm, dan *marshall quentient* sebesar 523,75 kg/mm.

**12. Reynaldi Darmawan Senolinggi (2018)**

Pengaruh Penambahan Serbuk *Crumb Rubber* Menggunakan *Filler* Abu Sekam Padi Pada *Asphalt Concrete - Wearing Course* Di Tinjau Dari Karakteristik *Marshall*. Pada penelitian ini akan di gunakan crumb rubber sebagai bahan additive dan abu sekam sebagai *filler* pengganti dari abu batu, yang mengacu pad Spesifikasi Umum dari Bina Marga 2010 (revisi 3). Metode yang di pakai yaitu dengan mencari *KAO* terlebih dahulu dengan variasi kadar aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Dan penambahan variasi serbuk *crumb rubber* sebesar 2% ,4% ,6% ,8% , 10%, dan 0% sebagai pembanding. Dari hasil pengujian hasil campuran dengan *crumb rubber* optimum 5,73%, menunjukkan bahwa penambahan crumb rubber dapat memenuhi spesifikasi umum dari bina marga 2010 (revisi 3). Adapun nilai yang di dapatkan dari uji marshall antara campuran dengan dan tanpa *crumb rubber* adalah ; *Flow* (dengan = 2,93mm, tanpa = 3,23mm), VIM (dengan = 3,526%, tanpa = 3,629%), VMA (dengan = 17,28%, tanpa = 17,32%),Stabilitas (dengan = 1067,522kg, tanpa = 883,47kg), MQ (dengan = 347,776kg/mm, tanpa = 300,77kg/mm), dan VFA (dengan = 79,525%, tanpa = 79,04%), dari penjelasan di atas dapat di tarik kesimpulan bahwa penambahan *crumb rubber* dapat menaikkan nilai Stabilitas, MQ, dan VFA, namun menurunkan nilai Flow, VIM, dan VMA.

**13. Akhmad Jaelani, Eding Iskak Imananto, dkk (2019)**

Studi Penelitian Pemanfaatan Lumpur Lapindo Sebagai *Filler* Kombinasi Abu Batu Pada Beton Aspal (AC-WC). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah lumpur Lapindo mempunyai pengaruh terhadap kekuatan aspal beton, variasi komposisi dan komposisi berapa berapa agar di dapatkan nilai optimum. Dari hasil penelitian yang dilakukan, 2) Kombinasi Kadar *filler* optimum adalah 26,50% dimana jika lebih dari itu sifat kelelehannya lebih tinggi dan Nilai Stabilitas tanpa menggunakan filler Lumpur lapindo didapatakan 993,477 kg, dan dengan menggunakan *filler* Lumpur Lapindo pada Kadar Filler Optimum (KFO) didapatkan 1025,57 kg.

**14. Radiks Gilang Maulana, Zaaim Arrofif, dkk (2018)**

Meningkatkan Karakteristik Marshall Dengan Menambah Serbuk Ban Bekas Ke Dalam Campuran Laston AC-WC. Tujuan penelitian adalah menganalisis pengaruh penambahan serbuk ban karet bekas terhadap nilai karakteristik Marshall campuran Laston AC-WC dan membandingkan hasil parameter Marshall campuran Laston ACWC standar dengan yang ditambahkan serbuk ban. Hasil penelitian menunjukkan bahwa KAO yang dipakai (6.0%) yang berpengaruh pada nilai Density maksimum 2.376 $gr/cc$ dengan prosentase serbuk ban sebesar 7.4%, VMA maksimum 5.186% sebesar 7.4%, VFA maksimum 72.510% sebesar 7.4%, VIM minimum 4.22% sebesar 7.4%, VIM Refusal density minimum 4.231% sebesar 6,2%, Stabilitas *Marshall* (MS) maksimum 1008.86 kg sebesar

4.5%, Stabilitas *Marshall* Sisa (IRS) maksimum 671.813 kg dengan prosentase serbuk ban sebesar 4.1% , Nilai Kelelehan *Marshall* (Flow ) maksimum 3.40 *mm* sebesar 6,9%, dan *Marshall Quotient*( MQ ) maksimum sebesar 309.26 gr/mm sebesar 4,1%.

**15. Hadi Ali (2011)**

Karakteristik Campuran *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai *Fille*r. Hasil pengujian berat jenis pada filler abu vulkanik adalah 2,819 gr/cm3 dan 2,351 gr/cm3 untuk abu batu, sedangkan material lolos 75 mikron pada filler abu vulkanik dan abu batu diambil 100%. Kadar aspal rencana yang digunakan baik pada campuran dengan *filler* abu vulkanik maupun abu batu adalah Pb = 5,5% dengan rentang kadar aspal rencana 4,5% ; 5% ;5,5% ; 6% dan 6,5%.. Nilai tertinggi pada abu batu sebesar 4,667 mm, sedangkan abu vulkanik sebesar 4,2667 mm. *Marshall Quottient* untuk kedua jenis *filler*, nilai terendah terjadi pada kadar aspal tertinggi (6,5 %) yaitu sebesar 217,19407 kg/mm untuk *filler* abu batu dan 239,5274 kg/mm untuk *filler* abu vulkanik.

**16. Sahat Sihombing, Achmad Pahrul Rodji, dkk (2019)**

Analisa Penggunaan Serbuk Batu Karang Sebagai Filler Pada Campuran *Asphalt Conrete-Wearing Course* (AC-WC). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai Stabilitas, Kelelehan, VIM, VMA, VFA, dan MQ pada campuran *Asphalt Concrete - Wearing Course* (AC-WC) yang menggunakan serbuk batu karang sebagai bahan pengisi (filler).

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan perbandingan persentase komposisi *filler* antara semen portland dengan serbuk batu karang yaitu 100% semen, 50% semen 50% serbuk batu karang, 100% serbuk batu karang dan KAO sebesar 5,856%. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh persentase komposisi antara *filler* semen 50% dengan *filler* serbuk batu karang 50% paling tinggi hasilnya yaitu 941,41 kg.

**17. Dwi Kartikasari dan Sugeng Dwi Hartantyo (2017)**

Penggantian Filler Dengan *Fly Ash* Dan Serbuk Batu Bata Pada Campuran Aspal (AC-WC). Pada penelitian ini akan di bahas mengenai penggunaan *filler* semen Portland sebagai acuan untuk membandingkan pengantian *filler dengan fly ash* dan serbuk batu bata dengan vaiasi 100% *fly ash*,100% serbuk batu bata dan 50% *fly ash*: 50% serbuk batu bata untuk mengetahui nilai stabilitas, *flow*, densitas,dan *marshall questient*. Dalam penelitian ini didapatkan nilai kadar aspal optimum sebesar 5,5% untuk masing-masing benda uji. Hasil penelitian ini campuran dengan kualitas baik menggunakan *filler* 100% semen portland nilai stabilitas sebesar 112,19 kg dan yang paling rendah menggunakan *filler* 100% *fly ash* dengan hasil 866,19 tetapi hasilnya masih memenuhi spesifikasi bina marga. Sedangkan nilai MQ dengan *filler* 100% serbuk batu bata dibawah spesifikasi bina marga yaitu 213.

**18. Samsul Arif (2018)**

Alternatif Penggunaan Platik *Polypropylene* Pada Campuran Aspal. Dalam Penelitian Ini Digunakan Jenis Plastik (*Polypropylene*) Sebagai Alternatif

Pencampuran Aspal. Dari hasil Dengan penambahan plastik PP (Polypropylene) 2% dan 4% menujukkan hasil yang lebih baik dari laston normal. Dilihat dari nilai stabilitas, flow dan MQ, kesemuanya lebih baik dari laston normal. Nilai stabilitas terendah yaitu pada Laston normal sebesar 1136 kg, tetapi nilai tersebut masih memenuhi spesifikasi Bina Marga > 800kg. Kelelehan (flow) terendah yaitu pada Laston normal sebesar 3,62, nilai tersebut masih memenuhi ketentuan dari Bina Marga > 3. Nilai *Marshall Quotient* terendah padalaston normal yaitu 307, nilai tersebut masih memenuhi ketentuan dari Bina Marga > 250.

**19. Widyastuti Dwi Pratiwi, Sugeng Dwi Hartantyo (2019)**

Pengaruh Kekeuatan Campuran Aspal Panas Laston Tipe IV SNI 03-1737-1989 Akibat Penambahan Serat Enceng Gondok. Dari hasil penelitian ini menggunakan serat enceng gondok sebagai bahan campuran aspal panas tipe IV. Penambahan variasi ideal serat eceng gondok pada Laston Tipe IV dilakukan pada prosentase 0,02% - 0,06%. Pada void yang diisi aspal pada uji *marshall* didapatkan hasil yang tidak memenuhi persyaratan tetapi tidak menjadi masalah secara keseluruhan

**20. Mohammad zainudin abdillah, Dwi kartikasari (2018)**

Subtitusi *Filler* Pada Campuran Aspal Dengan *Fly Ash* Dan Serbuk Batu Bata. Pada penelitian ini akan membahas kegunaaan dari *filler* semen *portland* sebagai acuan untuk dibandingkan dengan *filler fly ash* dan serbuk batu bata dengan kadar 100% *fly ash*, 100% serbuk batu bata dan 50% *fly ash*, 50% serbuk batu bata. Dari nilai hasil uji marshall

perbandingan antara 50% batu bata dengan 50% *fly ash* menghasilkan hasil yang bagus, baik nilai stabilitas *flow* maupun hasil bagi *marshall* atau *marshall questient*. Nilai *marshall questient* MQ pada benda uji 100% serbuk batu bata merah tidak memenuhi spesifikasi bina marga yaitu kurang dari 250 kg/mm.

## 2.8 Posisi Penelitian

1. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh Samsul Bahri (2017) dengan penelitian ini adalah penelitian Samsul Bahri Rahman menggunakan variasi kadar aspal sebesar 0%, 25%, 50%, 75%, dan 100%, untuk uji marshall, sedangkan penelitian ini menggunakan variasi kadar aspal 0%, 4%, 4,5% dan 5% untuk uji *marshall*.
2. Perbedaan dari penelitian yang dilakukan oleh Panji Dwi Santosa (2019) dengan penelitian ini adalah penelitian Panji Dwi Santosa menggunakan aspal tipe HRS (*Hot Rolled Sheet*), sedangkan penelitian ini menggunakan aspal tipe AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*).
3. Dari jurnal Panji Dwi Santosa (2019) mempunyai kesamaan dengan jurnal ini yaitu sama-sama menggunkan bahan tambah dari limbah serbuk besi.
4. Dari junal Faisal Abdul Yusuf, Ahmad Ridwan dkk (2019) sama-sama menggunakan serbuk sebagai bahan campuran aspal beton, tetapi bukan dari serbuk besi melainakan dolomit dan pasir brantas.