

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Aspal didefinisikan sebagai material berwarna hitam atau coklat tua, pada temperature ruang berbentuk padat sampai semi padat. Bahan dasar dari aspal adalah hidrokarbon yang umum disebut sebagai bitumen. Aspal yang umum digunakan saat ini terutama berasal dari salah satu hasil destilasi minyak bumi, dan disamping itu mulai banyak pula aspal yang berasal dari pulau Buton. Sebagai salah satu material konstruksi perkerasan lentur, aspal merupakan salah satu komponen kecil, umumnya 4%-10% berdasarkan berat atau 10%-15% berdasarkan volume, tetapi merupakan komponen yang relative mahal. (Sukirman, 2010).

Aspal adalah material yang mempunyai sifat *visco-elastis* dan tergantung dari waktu pembebanan. Pada proses pencampuran dan proses pemadatan sifat aspal dapat ditunjukkan dari nilai *viscositas*, sedangkan pada sebagian besar kondisi saat masa pelayanan, aspal mempunyai sifat viscositas yang diwujudkan dalam suatu nilai modulus kekakuan. (Utomo, 2008).

Sedangkan sifat aspal lainnya adalah :

1. Aspal mempunyai sifat mekanis (*Rheologic*)

Yaitu hubungan antara tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) dipengaruhi oleh waktu. Apabila mengalami pembebanan dengan jangka waktu yang sangat cepat, maka aspal akan bersifat elastis, tetapi jika pembebanan terjadi dalam jangka waktu yang lambat maka sifat aspal menjadi plastis (*viscous*).

2. Aspal adalah bahan yang (*Thermoplastis*)

Yaitu konsistensi atau *viscosista* akan berubah sesuai dengan perubahan temperature yang terjadi. Semakin tinggi temperature aspal, maka konsistensi akan semakin rendah atau semakin cair demikian pula sebaliknya. Dari segi pelaksanaan lapis keras, aspal dengan konsistensi yang rendah akan menguntungkan karena aspal akan menyelimuti batuan dengan baik dan merata. Akan tetapi dengan pemanasan yang berlebihan maka akan merusak molekul-molekul dari aspal dan akan getas dan rapuh.

3. Aspal mempunyai sifat (*Thixotropy*)

Yaitu jika dibiarkan tanpa mengalami tegangan dan regangan akan berakibat aspal menjadi mengeras sesuai dengan jalannya waktu.

2.2 Agregat

Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya berupa agregat hasil alam maupun hasil pengolahan yang digunakan sebagai bahan utama penyusun jalan. Agregat berbentuk pecah akan memiliki gaya gesek dalam yang tinggi dan saling mengunci, sehingga akan menambah kestabilan konstruksi lapis keras guna menghasilkan stabilitas yang tinggi disyaratkan bahwa minimum 40% dari agregat yang tertahan saringan no. 4 memiliki sedikitnya 1 bidang pecah.

Menurut spesifikasi umum Bina Marga (2011), agregat yang akan digunakan untuk campuran aspal beton yang harus memenuhi persyaratan sebagai berikut :

1. Agregat Kasar

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan campuran adalah ayakan yang tertahan no. 8 (2,36 mm) yang dilakukan secara basah dan harus bersih, keras, awet, dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak menghendaki lainnya.
- b. Fraksi agregat kasar harus dari batu pecah mesin dan disiapkan dalam ukuran nominal sesuai dengan jenis campuran yang direncanakan seperti ditunjukan.
- c. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan. Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap agregat yang lebih besar dari 4,75 mm dengan muka bidang pecah satu atau lebih berdasarkan uji menurut *pensylvania DoT's Test Method* No. 621.
- d. Fraksi agregat kasar harus ditumpuklan terpisah dan harus dipasok ke instalasi pencampuran aspal dengan menggunakan penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.

2. Agregat Halus

- a. Agregat halus dari sumber manapun, harus terdiri dari pasir atau hasil pengayakan betu pecah dan terdiri dari bahan yang lolos ayakan No. 8 (2,36).
- b. Fraksi agregat halus harus ditempatkan terpisah dari agregat kasar.

- c. Pasir alam dapat digunakan dalam campuran AC sampai suatu batas yang tidak melampaui 15% berat total campuran.
- d. Agregat halus harus merupakan bahan yang bersih, keras, bebas dari lempung, atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Batu pecah halus harus diperoleh dari batu yang memenuhi ketentuan mutu dalam. Apabila fraksi agregat halus yang diperoleh dari hasil pemecah batu tahap pertama tidak memenuhi pengujian Standar Setara Pasir, maka fraksi agregat halus harus dipisah dan tidak diperkenankan untuk campuran aspal jenis apapun.
- e. Agregat pecah halus dan pasir harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke instalasi percampuran aspal dengan menggunakan pemasok penampung dingin yang terpisah sehingga gradasi gabungan dan persentase pasir didalam campuran dapat kendalikan dengan baik.

2.3 Aspal Beton

Aspal beton atau *Asphaltic Concrete* adalah campuran dari agregat bergradasi menerus dengan bahan bitumen. Aspal beton sebagai bahan untuk konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam pembuatan jalan. Penggunaannya pun di Indonesia dari tahun ketahun makin meningkat. Hal ini disebabkan aspal beton mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan bahan-bahan lain, kemampuannya dalam bidang mendukung beban berat kendaraan lebih tinggi dan dapat dibuat dari bahan-bahan lokal yang tersedia dan mempunyai ketahanan yang baik terhadap cuaca.

Kekuatan utama aspal beton ada pada butir agregat. Pengalaman para pembuat aspal beton mengatakan bahwa campuran ini sangat stabil tetapi sensitive terhadap variasi dalam pembuatannya dan perlu tingkat *quality control* yang tinggi dalam pembuatannya, bila potensinya ingin penuh terealisasi.

Menurut spesifikasi umum pekerjaan jalan Bina Marga tahun 2011 campuran beton aspal terdiri dari :

1. Lapis Tipis Aspal Beton (*Hot Rolled Sheet, HRS*)

Lapis Tipis Aspal beton (Lataston) yang selanjutnya disebut HRS, terdiri dari dua jenis campuran, HRS Pondasi (HRS-Base) dan HRS Lapis Aus (HRS Wearing Course, HRS-WC) dan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm. HRS-Base alam proporsi fraksi agregat kasar lebih besar dari pada HRS-WC. Untuk mendapatkan hasil yang memuaskan, maka campuran harus dirancang sampai memenuhi semua ketentuan yang diberikan dalam Spesifikasi.

2. Lapis Aspal Beton (*Ashpal Concrete, AC*)

Lapis Aspal Beton (Laston) yang selanjutnya disebut AC, terdiri dari 3 jenis bahan campuran :

- a. AC Lapis Aus (AC-WC)
- b. AC Lapis Antara (AC-BC)
- c. AC Lapis Pondasi (AC-Base)

Ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm. setiap jenis campuran AC yang menggunakan bahan Aspal Polimer

atau Aspal dimodifikasi dengan Aspal Alam atau Aspal Modified dan AC-Base Modified.

2.4 Crumb rubber

Crumb rubber adalah produk karet daur ulang yang ramah lingkungan karena diperoleh dari daur ulang berbahan dasar karet bekas. *Crumb rubber* memiliki kelebihan seperti : daya lekat yang bagus, kokoh, awet, dan tahan lama, lebih terhadap bensin dan minyak pelumas serta tahan terhadap cuaca. *Crumb rubber* bisa di dapatkan dengan proses pengolahan daur ulang *ambient griding* dan *cryogonic griding*.

Ambient griding adalah suatu metode proses dimana ban bekas tersebut diparut, digiling yang diproses pada temperature ruang. Sedangkan *Cryogonic griding* adalah proses yang menggunakan nitrogen cair untuk membekukan ban bekas sehingga menjadi rapuh dan kemudian dengan menggunakan *hammer mill* untuk menghancurkan karet yang beku tersebut menjadi partikel yang halus. Bahan utama dari *Crumb rubber* sendiri pada umumnya berasal dari limbah karet ban bekas.

Ban karet adalah bagian penting dari kendaraan darat, dan digunakan untuk mengurangi getaran yang disebabkan ketidakrataan permukaan jalan, melindungi roda dari aus dan kerusakan, serta memberikan kestabilan antara kendaraan dan tanah untuk meningkatkan percepatan dan mempermudah pergerakan. Sebagian besar ban yang ada sekarang, terutama yang digunakan

untuk kendaraan bermotor, diproduksi dari karet sintetik, walaupun dapat juga digunakan dari bahan lain seperti baja.

Ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat sintetis dan baja yang sangat kuat yang menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, elastis, fleksibel, ketahanan geseran yang tinggi.

Ban terdiri dari tiga komponen utama yaitu karet, baja, dan serat. Untuk menggiling ban menjadi serbuk karet dilakukan dengan proses *Ambien* atau *cryogenic grinding*. Karet memberikan kontribusi terbesar bahan ban (lebih kurang 60% berat). Ban juga merupakan material komposit, biasanya dari karet alam/karet isoprena yang digunakan untuk ban truk dan ban mobil. (Thoresen, 2009).

2.5 Konstruksi Lapis Perkerasan Jalan

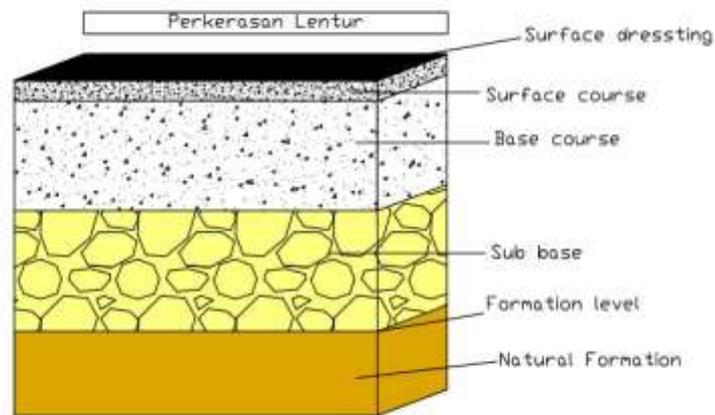
Lapis perkerasan jalan merupakan lapis yang langsung bersentuhan dengan permukaan roda kendaraan. Distribusi beban roda yang diterima lapis permukaan jauh lebih besar dari lapis di bawahnya. Alasan inilah menyebabkan lapis permukaan dirancang dengan mutu bahan yang lebih baik dengan syarat teknis yang lebih tinggi.

Konstruksi jalan pada umumnya terdiri dari lapis bahan yang berbeda-beda, menurut sifat dan kegunaannya. Secara garis besar ada 3 macam konstruksi perkerasan jalan yaitu perkerasan lentur, perkerasan kaku, dan perkerasan komposit. (Ilhamsyah, 2017)

Berdasarkan bahan pengikatnya konstruksi perkerasan jalan terdiri dari :

1. Konstruksi Perkerasan Lentur (*Flexible Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.

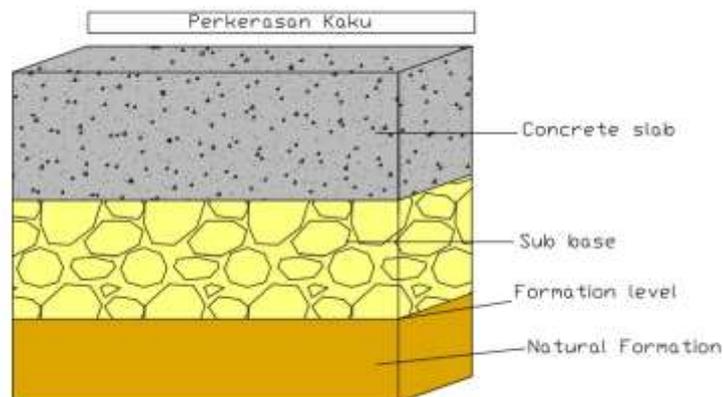


Gambar 2.1 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Lentur

Sumber : Jurnal Ahmad Ilhamsyah. ITN Malang 2017

2. Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan yang menggunakan semen sebagai bahan pengikat beton dengan atau tanpa tulangan diletakkan diatas dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah sebagai pemikul beban lalu lintas.

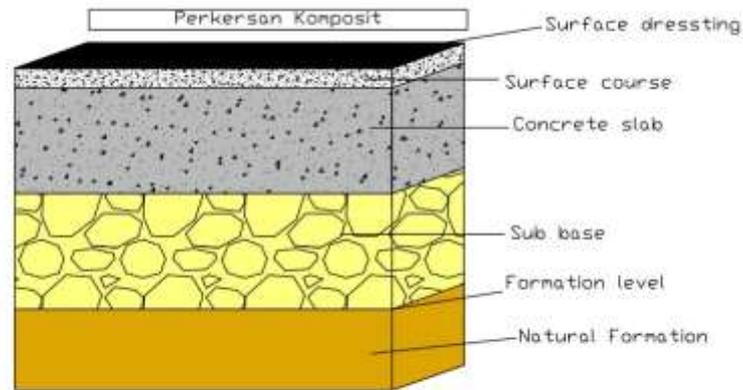


Gambar 2.2 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Kaku

Sumber : Jurnal Ahmad Ilhamsyah. ITN Malang 2017

3. Konstruksi Perkerasan Komposit (*Composit Pavement*)

Perkerasan kaku yang dikombinasi dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku, atau perkerasan kaku diatas perkerasan lentur.



Gambar 2.3 Susunan Lapisan Konstruksi Perkerasan Komposit

Sumber : Jurnal Ahmad Ilhamsyah. ITN Malang 2017

2.5.1 Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak pada lapisan paling atas dan berfungsi sebagai :

- a. Lapisan perkerasan penahan beban roda, lapisan ini mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan beban roda selama pelayanan.
- b. Lapisan kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak langsung meresap ke lapisan bawahnya.
- c. Lapisan aus (*wearing course*), lapisan yang berlangsung bergesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapisan yang menyebarkan beban ke lapisan bawah.

Untuk memenuhi fungsi tersebut diatas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

Jenis lapisan permukaan yang umum di Indonesia antara lain :

1. Lapisan bersifat non-struktural, berfungsi sebagai lapisan aus dan kedap air antara lain :

a. Burtu (Laburan Aspal Satu Lapis)

Merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan satu lapisan agregat bergradasi seragam (pasir) dengan ketebalan maksimum 2 mm.

b. Burda (Laburan Aspal Dua lapis)

Merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal yang ditaburi dengan pasir, dikerjakan 2 kali berturut-turut dengan ketebalan maksimum 3,5 cm.

c. Latasir (Lapisan Tipis Aspal Pasir)

Merupakan lapisan penutup yang terdiri dari lapisan aspal dan pasir dicampur, dihambar, dan dipadatkan pada suhu tertentu dengan tebal padat 1-2 cm.

d. Buras (Laburan Aspal)

Merupakan lapis penutup yang terdiri dari lapisan aspal tertahan pasir dengan ukura butir maksimum 3/8 inch.

e. Latasbu, (Lapisan Tipis Asbutom Murni)

Merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran asbuton dan bahan pelunak dengan perbandingan tertentu yang dicampur secara dingin dengan tebal padat maksimum 1 cm.

f. Lataston (Lapisan Tipis Aspal Beton)

Dikenal dengan nama (*Hot Rolled Sheet*), merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran anatar agregat bergradasi timbang, mineral pengisi (*Filler*) dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas. Tebal padat antara 2,5 – 3 cm.

2. Lapisan bersifat structural, berfungsi sebagai lapisan yang menahan dan menyebarkan beban roda antara lain :

a. Lapen/Penetrasi Macadam

Merupakan lapis perkerasan yang terdiri dari agregat pokok dan agregat pengunci bergradasi terbuka dan seragam yang diikan oleh aspal dengan cara disemprotkan di atasnya dan dipadatkan lapis demi lapis. Diatas lapen ini biasanya diberi aspal dengan agregat penutup. Tebal lapisan satu lapis dapat bervariasi dari 4 – 10 cm.

b. Lastabug (Lapis Asbuton Agregat)

Merupakan suatu lapisan pad akonstruksi jalan yang terdiri dari campuran antara agregat, asbuton dan bahan pelunak yang diaduk, dihamparkan dan di padatkan secara dingin. Tebal pada tiap lapisan antara 3 – 5 cm.

c. Laston (Lapisan Aspal Beton)

Merupakan suatu lapisan pada konstruksi yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur dilempar dan dipadatkan pada suhu tertentu.

2.5.2 Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas. Sebagaimana disebut bawasannya bahan material yang digunakan untuk lapis pondasi atas (*Base Course*) adalah material yang cukup kuat. Untuk lapis pondasi atas tanpa bahan pengikat umumnya menggunakan material dengan nilai CBR $\geq 50\%$ dan Indeks Plastis (PI) $\leq 4\%$.

Bahan-bahan alam seperti batu pecah, krikil pecah, stabilitas tanah dengan semen dan kapur dapat digunakan sebagai *base course*, yang berfungsi antara lain sebagai :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkan beban kelapisan dibawahnya.
- b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
- c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.
- d. Lapisan pondasi bawah (*Subbase Course*).

Syarat umyuk material Lapisan Pondasi Atas sebagai berikut :

1. Mutu harus sebaik mungkin dimana tidak mengandung kotoran lumpur berisi tajam dan kaku.
2. Susunan gradasi harus merupakan susunan yang rapat, artinya butiran batuan harus mempunyai susunan gradasi yang saling mengisi butiran

agregat kasar, agregat sedang, dan agregat halus sehingga rongga semakin kecil.

3. Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas haruslah awet dan kuat dan mempunyai nilai CBR $\geq 50\%$ dan Indeks Plastis (PI) $\leq 4\%$.

Jenis lapis pondasi atas yang umum digunakan di Indonesia antara lain :

1. Agregat bergradasi baik yang dapat dibagi batu pecah kelas A, batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas C. batu pecah kelas mempunyai gradasi yang lebih kasar dari batu pecah kelas B, dan batu pecah kelas B lebih kasar dari batu pecah kelas C. Kriteria dari masing-masing lapisan diatas dapat diperoleh pada spesifikasi yang di berikan. Lapis pondasi kelas B terdiri dari campuran kerikil dan kerikil pecah atau batu pecah dengan berat jenis yang seragam dengan pasir, lempung dengan persyaratan dibawah ini :

Tabel 2.1 Ukuran Saringan ASTM

Ukuran	Persen Lolos Saringan			
	(mm)	Clas A	Clas B	Clas C
2	50		100	75 - 100
1 ½	37,5	100	88 - 95	60 - 90
1	25	79 – 85	70 - 85	45 - 78
3/8	95	44 – 58	30 - 65	25 - 55
No. 4	4,75	29 – 44	25 - 55	13 - 35
No.10	2	17 – 30	15 - 40	8 - 36
No. 40	0,425	7 – 17	8 - 20	7 - 23
No. 200	0,75	2 – 8	2 - 8	5 - 15

Sumber : Depkimpraswil, 2002

Partikel yang mempunyai diameter kurang dari 0,02 mm harus tidak lebih dari 3% dari berat total contoh bahan yang akan diuji.

2. Pondasi Macadam
3. Pondasi Telford
4. Penetrasi macadam (Lapen)
5. Aspal Beton Pondasi (*Ashpalt Concrete Base/Ashpalt treated Base*)
6. Stabilitas yang terdiri dari :
 - a. Stabilitas agregat dengan semen
 - b. Stabilitas agregat dengan kapur
 - c. Stabilitas agregat dengan aspal

2.5.3 Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapis perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan dasar dinamakan lapis pondasi bawah. Lapisan banawah bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar. Lapisan ini harus cukup kuat dengan nilai CBR 20% dan Indeks Plastis (PI) $\geq 10\%$ yang berfungsi antara lain :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
- b. Efisiensi penggunaan material.
- c. Mengurangi tebal lapisan di atasnya yang lebih mahal.
- d. Lapis peresapan, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- e. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi atas.

Untuk itu lapisan pondasi bawah harusla memenuhi syarat *filler* yaitu :

$$\frac{D15 \text{ Sub Base}}{D85 \text{ Sub Grade}} \geq 5$$

Dimana :

D 15 : Diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 15%

D 85 : Diameter butir pada keadaan banyaknya persen yang lolos = 85%

Jenis lapisan bawah yang umumnya digunakan di Indonesia antara lain :

1. Agregat bergradasi baik, yang dibedakan atas sirtu yang terbagi dalam kelas A, kelas B, dan kelas C. Sirtu kelas A bergradasi lebih kasar dari sirtu kelas B, yang masing-masing dapat dilihat pada spesifikasi yang diberikan.
2. Stabilitas yang terdiri dari :
 - a. Stabilitas agregat dengan semen.
 - b. Stabilitas agregat dengan kapur.
 - c. Stabilitas tanah dengan semen.
 - d. Stabilitas tanah dengan kapur.

2.5.4 Lapis Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah setebal 50-100 cm diatas mana akan diletakkan lapisan pondasi bawah dinamakan lapisan tanah dasar. Kapisan tanah dasar dapat berupa tanah asli yang dipadatkan dari tempat lain dan dipadatkan atau tanah yang distabiltaskan.

Ditinjau dari muka tanah asli, maka lapisan tanah dasar dibedakan atas :

- a. Lapisan tanah dasar, tanah galian.

b. Lapisan tanah dasar, tanah asli.

Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan sangat tergantung pada sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Maka dalam konstruksi perkerasan jalan diperkenalkan *Modulus Resilen* (M_R) sebagai parameter tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan. *Modulus Resilen* (M_R) tanah dasar juga dapat diperkirakan dari CBR standar dan hasil atau nilai tes soil indeks. Korelasi *Modulus resilen* dengan nilai CBR (*Heukelom dan Klomp*) berikut ini dapat digunakan untuk tanah dasar berbutir halus (*Fine-Grained Soil*) dengan nilai CBR.

Persoalan tanah dasar sering yang ditemui antara lain :

1. Perubahan bentuk tetap (*deformasi permanen*) dari jenis tanah tertentu sebagai akibat beban lalu lintas.
2. Sifat mengembang dan menyusut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah tidak merata dan sukar ditentukan secara pasti daerah dan jenis tanah yang sangat berbeda sifat dan kedudukannya, atau akibat pelaksanaan konstruksi.
4. Lendutan baik selama dan sesudah pembebanan lalu lintas untuk jenis tanah tertentu.

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

2.6 Bahan Tambah Material

Bahan tambahan adalah bahan yang digunakan atau ditambahkan pada campuran untuk meningkatkan kinerja aspal. Bahan ini harus efektif, praktis, dan ekonomis. Bahan tambah tersebut harus mudah di dapatkan dan tahan terhadap degradasi selama pencampuran dapat menyatu dengan aspal, meningkatkan ketahanan kelelahan pada temperatu tinggi dan juga ekonomis dalam hal biaya. Dalam campuran beraspal guna memperbaiki perilaku suatu campuran beraspal serta meningkatkan kualitas modifikasi.

Bahan modifikasi yang dimaksud adalah bahan tambah baik polimer, sulosa, dan lain-lain (*Filler*), maupun mikrokarbon atau zat aditif. Adapun bahan tambahan ini dapat merubah sifat aspal dan agregat guna meningkatkan daya lekat dan daya ikatan serta mengurangi efek negatifi dari air dan kelembaban sehingga menghasilkan permukaan yang memiliki daya lekat yang tinggi.

2.6.1 Bahan Anti Pengelupasan

Additive untuk aspal merupakan bahan *additive* kelekatan dan anti pengelupasan dapat ditambahkan ke dalam aspal. Persentase additive yang diperlukan serta waktu pencampuran harus sesuai dengan petunjuk pabrik pembuatan (Revisi SNI 03-1737-1989). Berdasarkan divisi 6, spesifikasi umum Bina Marga perkerasan aspal 2010, bahwa *additive* kelekatan dan anti peneglupasan (*anti stripping agent*) ditambahkan sebanyak 0,2% - 0,3% terhadap berat aspal.

Bahan anti pengelupasan memiliki 2 fungsi utama yaitu bersifat pasif dan aktif. Adeshi aktif adalah perpindahan air di agregat selama taham pencampuran

awal konstruksi hotmix. Ketika agregat ditambahkan ke drum pengering, kelembaban dapat mencegah residu aspal dari lapisan agregat. Fungsi anti pengelupasan ini sebagai pengubah tegangan permukaan dan pemindahan air permukaan agregat.

Bahan anti pengelupasan juga bekerja sebagai adhesi pasif yaitu mengatur penyimpangan air yang merembes antara agregat dan aspal setelah ajlan dibangun. Dalam fungsinya, bahan anti pengelupasan bertindak sebagai penghubung antara agregat dan aspal. Tanpa anti pengelupasan, air bisa merembes kedalam agregat dan melepas ikatan aspal.

2.7 Karakteristik *Marshall*

Konsep dasar dari metode *Marshall* dalam campuran aspal dikembangkan oleh *Bruce Marshall*, seorang insinyur bahan aspal Bersama-sama dengan *The Mississippi State Highway Departement*. Kemudian *The U.S Army Corp Of Engineering*, melanjutkan penelitian secara intensif dan mempelajari hal-hal yang ada kaitannya, selanjutnya meningkatkan dan menambahkan kelengkapan pada prosedur pengujian *Marshall* dan pada akhirnya mengembangkan kriteria rancangan pada pengujian dan distandarisi didalam *America Society For testing And Material* 1989 (ASTM D-1559-98. *Test Method For Resistance Of Plastic Flow Of Bituminous Mixtures Using Marshall Apparatus*).

Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*Flow*), serta analisis kepadatan dan pori-pori dari campuran padat yang terbentuk. Alat *marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin

peng uji) berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flow* meter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan *flow* meter untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm). prosedur pengujian *Marshall* mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

Secara garis besar pengujian *Marshall* meliputi :

1. Persiapan benda uji.
2. Penentuan berat jenis bulk dari benda uji.
3. Pemeriksaan nilai stabilitas dan *flow*.
4. Pemeriksaan volume benda uji.

Pada persiapan benda uji, ada beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain :

1. Jumlah benda uji yang harus dipersiapkan.
2. Persiapan agregat yang harus digunakan.
3. Penentuan temperature pencampuran dan pepadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pepadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian *Marshall*.

Dari persiapan benda uji sampai pemeriksaan dengan alat *Marshall* diperoleh data sebagai berikut :

1. Kadar aspal, dinyatakan dalam bidang decimal satu angka dibelakang koma.
2. Berat volume, dinyatakan dalam, ton/m³.

3. Stabilitas, dinyatakan dalam bilangan bulat.
4. Kelelehan palstis (*flow*), dinyatakan dalam mm atau 0.01”.
5. VIM, persen rongga dalam campuran dinyatakan dalam bilangan decimal satu angka dibelakang koma.
6. VMA, persen rongga dalam agregat dinyatakan dalam bilangan bulat.
7. *Marshall* Quotient, merupakan hasil bagi stabilitas dan *flow* dinyatakan dalam kN/mm.
8. Penyeyapan aspal, persen terhadap berat campuran, sehingga diperoleh gambaran berapa kadar aspal efektifnya.
9. Tebalan lapisan aspal, dinyatakan dalam mm.
10. Kadar aspal efektif dalam bilangan decimal satu angka dibelakang koma.

2.7.1 Pengujian *Marshall*

Pengujian uji kerakteristik *Marshall* yang dimaksudkan dengan tujuan untuk menentukan ketahanan atau stabilitas terhadap kelelehan palstis atau *flow* dari campuran aspal beton, kelelehan palstis atau *flow* adalah keadaan perubahan bentuk suatu campuran aspal beton yang terjadi akibat suatu beban sampai batas runtuh yang dinyatakan dalam milimeter atau 0,01 inch. Serta Analisa kepadatan dan pori-pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket aspal beton padat dibentuk dari gradasi agregat campuran tertentu, sesuai spesifikasi campuran.

Metode *Marshall* dikembangkan untuk rancangan campuran aspal beton. Sebelum membuat briket campuran aspal beton maka perkiraan kadar optimum dicari dengan menggunakan rumus pendekatan. Setelah menentukan proporsi dari

masing-masing fraksi agregat yang tersedia, selanjutnya menentukan kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori-pori antara agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk kedalam pori masing-masing butir agregat. Setelah diketahui estimasi kadar aspalnya maka dibuat benda uji.

Untuk mendapatkan kadar aspal optimum umumnya dibuat sampel benda uji dengan 5 variasi kadar aspal yang masing-masing berbeda 0,5% pada jumlah sampel tertentu. Sebelum melakukan pengujian *Marshall* terhadap briket, maka dicari dulu berat jenisnya dan diukur ketebalan dan diameternya di 3 sisi yang berbeda. Melakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan stabilitas dan kelelahan (*flow*) benda uji mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T245-90. Parameter *Marshall* yang dihitung antara lain : Stabilitas, *Flow*, VIM, VMA, VFA, Indeks Perendaman, dan parameter lain sesuai parameter yang ada pada spesifikasi campuran. Setelah semua parameter briket didapat, maka digambar grafik hubungan kadar aspal dengan parameternya yang kemudian dapat ditentukan kadar aspal optimumnya. Kadar aspal optimum adalah nilai tengah dari rentang kadar aspal yang memenuhi *Marshall test* modifikasi.

Metode *marshall* dikembangkan untuk rancangan campuran aspal beton bergradasi baik. Langkah-langkah rancangan Metode *Marshall* adalah :

1. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran pekerjaan.

2. Merancang proporsi dari masing-masing fraksi agregat yang tersedia untuk mendapatkan agregat campuran dengan gradasi sesuai butir 1. Rancangan dilakukan berdasarkan gradasi masing-masing fraksi agregat yang akan dicampurkan. Berdasarkan berat jenis masing-masing fraksi agregat dan proporsi rancangan ditentukan berat jenis agregat campuran.
3. Menentukan kadar aspal total dalam campuran. Kadar aspal total dalam campuran aspal beton adalah kadar aspal efektif yang membungkus atau menyelimuti butir-butir agregat, mengisi pori-pori antar agregat, ditambah dengan kadar aspal yang terserap masuk kedalam pori masing-masing butir agregat. Untuk rancangan campuran dilaboratorium dipergunakan kadar aspal tengah atau ideal. Kadar aspal tengah yaitu nilai dari rentang aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah dapat pula ditentukan dengan mempergunakan rumus dari Spesifikasi (Depkimpraswil 2002) dibawah ini :

P = Kadar aspal tengah, persen terhadap berat campuran.

CA = Persen agregat tertahan saringan No. 8.

FA = Persen agregat lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200.

K = Konstanta (0,5 – 1 untuk laston dan 2 – 3 untuk lataston).

Kadar aspal yang diperoleh dari rumus diatas kemudian dibulatkan mendekati angka 0,5% terdekat. Contoh, jika kadar aspal adalah 6,3% maka dibulatkan menjadi 6,5%.

4. Membuat benda uji atau briket aspal beton, terlebih dulu dipersiapkan agregat sesuai dengan jumlah benda uji yang akan dibuat. Untuk mendapatkan Kadar aspal Optimum (KAO) umumnya dibuat 15 benda uji dengan variasi kadar aspal masing-masing 0,5% dimana 2 variasi kurang dari nilai kadar aspal tengah, dan 2 lainnya lebih dari nilai kadar aspal tengah. Contoh, jika nilai kadar aspal tengah 6,5%, maka dibuat variasi campuran 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5%.
5. Melakukan uji *Marshall* untuk mendapatkan nilai stabilitas dan kelelahan (*flow*) mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 atau AASHTO T245-90. Penimbangan dan pengukuran dilakukan terlebih dahulu sebelum uji *Marshall* dilakukan.
6. Menghitung parameter *Marshall* yaitu VIM, VMA, VFA, Berat Volume, dan parameter lain sesuai spesifikasi campuran. Nilai-nilai tersebut diisikan kedalam formulir uji *Marshall*.
7. Gambarkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter *Marshall*.
8. Dari grafik yang telah dibuat, maka ditentukan nilai-nilai yang masuk dalam syarat spesifikasi campuran yang digunakan. Nilai-nilai tersebut kemudian dimasukkan kedalam grafik KAO untuk mendapatkan nilai kadar aspal optimum dan proporsi campuran yang merupakan rumus campuran hasil perancangan dilaboratorium. Rumus ini kemudian disebut DMF (*Design Mix Formula*).

2.8 Penelitian Terdahulu

1. Berdasarkan hasil penelitian Dana dwi achmad, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “*Penambahan serat enceng gondok pada campuran laston AC – WC spesifikasi seksi 6 – 2010 bina marga terhadap indeks uji marshall*” menyimpulkan bahwa : Hasil *marshall* test terbaik dari 5 variasi campuran yang didapatkan pada penambahan serat enceng gondok terhadap laston AC – WC spesifikasi seksi 6 – 2010 bina marga adalah 5% dengan nilai *marshall* stability sebesar 809,753 Kg, *flow* sebesar 4,433 mm, VMA sebesar 13,05 % , VFWA sebesar 69,097 % VIM sebesar 1,460%, density sebesar 2,332 gr/cc, dan *marshall* quotient 186,14 kg/mm.
2. Berdasarkan hasil penelitian M. Deny irawan budianto, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2019) Lamongan dengan judul : “*Alternative penggunaan agregat halus batu kapur mantup dalam campuran aspal panas AC – WC*” menyimpulkan bahwa : Penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berat agregat halus pada penelitian ini menunjukkan 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 campuran 75%.

3. Berdasarkan hasil penelitian Farid kawabib hamzah, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “*Studi bahan tambahan serat enceng gondok pada campuran laston tipe XI 03-1737-1989 terhadap indeks marshall test dengan menggunakan bahan agregat kasar mantup*” menyimpulkan bahwa : Dengan evaluasi *marshall* dimana nilai terbesar diperoleh untuk stabilitas 1325 kg, *flow* 3,73 mm , quotient *marshall* 401,02 kg/mm, VMA 66,30 % . VFWA 19,25%, dan nilai VIM 54,35%. Dengan hasil ini maka campuran aspal tidak bisa digunakan karena pada hasil VMA ,VFWA dan VIM belum sesuai pada spesifikasi SNI 03-1737-1989.
4. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Dewi eka wahyuni, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “*Uji properties marshall campuran aspal panas laston tipe x SNI 03-1737-1989 dengan penambahan serat enceng gondok*” menyimpulkan bahwa : Dari hasil *marshall* test yang dilakukan, didapatkan data *marshall* stability, *flow*, void in mineral agregat, void in the mix, void filled with asphalt , density dan *marshall* quotient. Dari data tersebut didapatkan kesimpulan bahwa penambahan serat enceng gondok paling ideal untuk campuran laston tipe X dan yang memenuhi nilai spesifikasi adalah antara 5%.
5. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Mohammad zainudin abdillah, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2017) Lamongan dengan judul :

“Penggantian filler dengan fly ash dan serbuk batu bata pada campuran asphalt concrete – wearing course (AC – WC)” menyimpulkan bahwa : Campuran kualitas baik menggunakan filler 100% semen Portland nilai stabilitas sebesar 112,19 kg danyang paling rendah menggunakan filler 100% fly ash akan tetapi hasilnya masih memenuhi spesifikasi bina marga. Sedangkan nilai MQ dengan filler 100% serbuk batu bata dibawah spesifikasi bina marga yaitu sebesar 213. Sehingga dapat disimpulkan bahwa filler yang bagus untuk campuran asphalt concrete wearing course adalah dengan semen Portland.

6. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Nonok eko santoso, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “Pengaruh penggunaan serat eceng gondok sebagai bahan pengganti serat selulosa pada campuran laston tipe IX SNI-03-1737-1989” menyimpulkan bahwa : Penambahan serat selulosa eceng gondok pada campuranlaston tipe IX berpengaruh terhadap nilai stabilitas marshal sehingga naik sebesar 4,60% pada presentase tertinggi 0,52% kadar eceng gondok, kelelehan plastis (*flow*) mengalami penurunan tertinggi pada kadar 0,6% kadar eceng gondok sebesar -15,39%, rongga terisi dalam campuran (void in the mix) mengalami kenaikan sebesar 6,25% pada kadar 0,5 % kadar eceng gondok, rongga terisi aspal (void filled with asphalt) menurun sebesar -2,01% pada kadar eceng gondok 0,48%, rongga dalam agregat (void in mineral aggregate) meningkat sebesar 1,55% pada nilai 0,52% kadar eceng gondok, dan density menurun sebesar 0,31% pada presentase 0,4 kadar

eceng gondok ,serta *marshall* quotient meningkat sebesar 24,27% pada kadar 0,6% kadar eceng gondok.

7. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Nuruddin, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “ *Kajian pengaruh serat eceng gondok pada campuran HRS – WC spesifikasi seksi – 6 : 2010 bina marga* ” menyimpulkan bahwa : Hasil *marshall* test terbaik didapatkan pada penambahan serat eceng gondok 2% dimana *marshall* stability yang didapatkan yaitu sebesar 1502,450 kg, *flow* sebesar 4,60 mm, VMA (rongga diantara agregat) sebesar 18,10%, VIM (ruang rongga diantara agregat) sebesar 3,549%, VFWA (rongga terisi aspal) sebesar 61,737%, density sebesar 2,224 gr/cc, dan MQ (*marshall* quotient) sebesar 327,175 kg/mm.
8. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Mohammad shodiq, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “ *Alternative serat eceng gondok sebagai bahan tambahan pada campuran laston tipe VII SNI 03-1737-1989 untuk meningkatkan kinerja campuran* ” menyimpulkan bahwa : Nilai stabilitas *marshall* tertinggi sebesar 3,94% pada campuran 1,3% , kelelehan plastis (*flow*) tertinggi sebesar 1,87% pada campuran 0,7% , rongga dalam campuran (void in the mix) meningkat sebesar 16,98% pada campuran 1,1% , rongga terisi aspal (void filled with asphalt)kenaikan tertinggi sebesar 0,83% pada campuran 0,7%, rongga dalam agregat (void in the mineral aggregate) meningkat sebesar 4,37% pada campuran 1,5% serta *marshall* quotient meningkat sebesar 29% pada campuran 1,3%.

9. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Indra setia wiguna, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2019) Lamongan dengan judul : “ *Alternative penggunaan pasir laut paciran sebagai bahan susun campuran aspal panas (AC – WC) ”* menyimpulkan bahwa : Nilai *marshall properties* yang paling ideal dihitung dengan menggunakan persamaan model regresi dengan indeks determinasi paling tinggi dimana pada pada persamaan model tersebut didapatkan nilai indeks determinasi (R^2) = 1 untuk *marshall properties* yang paling tinggi adalah substitusi pasir laut 30% dengan parameter *marshall* yang meliputi : stability 1029,27 kg , VIM 5,07 ,VMA 16,35%, VFWA 81,36%, *flow* 2,98 mm, *marshall question* 343,85%. Dari hasil tersebut substitusi pasir laut dengan kadar 30% memenuhi kriteria dalam standar nasional Indonesia.
10. Berdasarkan hasil penelitian Oleh Intan ayu permatasari, Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan (2018) Lamongan dengan judul : “ *Pemanfaatan serat eceng gondok sebagai campuran dalam laston tipe VI SNI 03-1737-1989 ditinjau terhadap marshall propreties ”* menyimpulkan bahwa : Proses pembuatan benda uji Laton tipe VI diawali dengan pembuatan serat eceng gondok secara sederhana, perhitungan rancangan campuran kerja (Job Mix Formula) yang mengacu pada standart, tahap pemeriksaan bahan susun Laston tipe VI (meliputi pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, pengujian bahan aspal) dan dilanjutkan dengan pencampuran bahan susun beserta serat eceng gondok (meliputi penimbangan agregat, penggorengan agregat dengan aspal cair yang

ditambahkan dengan serat eceng gondok, pencetakkan benda uji dalam air, dan pengujian benda uji dengan alat *marshall test*). Dari hasil pengujian dan perhitungan dengan menggunakan perhitungan regresi dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan serat eceng gondok dapat dilakukan pada Laston Tipe VI. Untuk penambahan serat eceng gondok terbaik pada campuran Laston Tipe VI dilakukan penambahan dengan variasi 0,3%-0,36%.

11. Berdasarkan hasil penelitian I Nyoman Karnata Mataram, ST, MT. Prof. Ir. I Nyoman Arya Thanaya, ME, PhD. Ir I Gusti Putu Suparsa, MT. Luh Gede Noviana Dewi, ST, Teknik Sipil Universitas Udayana (2015) Bali dengan judul : “*Kajian Karakteristik Campuran Lapis Tipis Aspal Pasir (Latasir) Kelas A Dengan Crumb rubber 40 Mesh Sebagai Agregat Halus*”, menyimpulkan bahwa : Karakteristik campuran pasir kelas A dengan *crumb rubber* 40 mesh sebagai substitusi sebagai agregat halus pada kadar aspal optimum 7,5% didapat nilai *Flow* rata-rata campuran latasir kelas A pada *crumb rubber* 0%, 50%, 100% terhadap berat total agregat halus lolos ayakan no. 40 dan tertahan no. 50 yang disubstitusi berdasarkan volume, berturut-turut adalah 2,71 mm, 2,82 mm, dan 2,91 mm dengan nilai maksimum 3 mm.
12. Berdasarkan hasil penelitian Ahmad Ilhamsyah, Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Negeri Malang (2017) Malang dengan judul : “*Kinerja Penggunaan Bahan Tambah Metrial Alternatif (serbuk Ban) Sebagai Campuran Agregat Halus Untuk Panas ASHPALT CONCRETE*”

WEARING COURSE (AC-WC) Perkerasan Jalan” menyimpulkan bahwa : Bahan tambah material alternatif serbuk bann sebagai campuran agregat halus untuk panas Asphalt Concrete Wearing Course (Ac-Wc) didapatkan kadar serbuk ban optimum 20 % diperoleh nilai Stabilitas 1065,13 Kg, *Flow* 3,2 mm, VIM 5,15 %, VMA 19,26%, *Marshall Quotient* 274,89 Kg/mm, VFA 73,46%, Indeks Perendaman 91,92 %.

13. Berdasarkan hasil penelitian Hans Agatha Nathanile, Teknik Sipil Universitas Atma Jaya Yogyakarta (2016) Yogyakarta dengan judul : *“Pengaruh Penggunaan Adiktif Crumb rubber Dengan Filler Semen Portland Terhadap Nilai Marshall Beton Aspal Lapis AUS (AC-WC)”* menyimpulkan bahwa : Penambahan *crumb rubber* dengan nomor mesh 40 cenderung menghasilkan campuran aspal beton yang lebih baik dari pada variasi *crumb rubber* dengan mesh 10, pada campuran beton aspal dengan variasi penambahan *Crumb rubber*, nilai density, VFWA, Stabilitas, *flow* dan QM cenderung meningkat, sedangkan VITM cenderung menurun dibandingkan beton aspal normal.
14. Berdasarkan hasil penelitian Reynaldi Darmawan Senologi, Teknik Sipil dan Perencanaan Institut Teknologi Negeri Malang (2018) Malang dengan judul : *“Pengaruh Penambahan Serbuk Crumb rubber Menggunakan Filler Abu Sekam Padi Pada ASPHALT CONCRETE-WEARING COUERSE Di Tinjau Dari Karakteristik Marshall”* menyimpulkan bahwa: Pemberian bahan additive pada aspal setelah tercapai kadar aspal optimum dan pemberian bahan additive tersebut tidak mengurangi berat total aspal itu

sendiri. Dengan adanya penambahan serbuk *Crumb rubber* dapat menaikkan stabilitas optimum, sekaligus berpotensi di gunakan dalam pembangunan jalan perkerasan laston.

15. Berdasarkan hasil peneiltian Joko Suryono, Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda (2019) Samarinda dengan judul : “*Pengaruh Crumb rubber Dengan Material Lokal Serta Filler Batu Laterit Terhadap Nilai MARSHALL ASPLHALL CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC)*” menyimpulkan bahwa : Bahwa semakin besar penambahan kadar *Crumb rubber* semakin meningkatnya sifat elastis pada campuran yang ditunjukkan pada nilai *flow* yang meningkat seiring bertambahnya kadar *Crumb rubber* dalam campuran. Dalam hal ini mengindikasikan campuran aspal mampu menahan kelelahan plastis yang lebih baik dari campuran aspal tanpa penggunaan serbuk ban bekas serta dapat mengurangi terjadinya retak-retak pada perkerasan aspal beton AC-BC. Stabilitas terjadi penurunan seiring dengan bertambahnya kadar *Crumb rubber* disebabkan oleh terlalu banyak penambahan kadar *Crumb rubber* pada aspal yang dapat mengakibatkan kurangnya interlocking antara agregat dengan *Crumb rubber*, sehingga agregat tidak menyatu sepenuhnya dan bertambahnya volume material menyebabkan aspal tidak efektif lagi menyelimuti agregat dan *Crumb rubber* yang dapat mengakibatkan nilai stabilitas turun.
16. Berdasarkan hasil penelitian Ella Yustika, Mulizar, Teuku Riyadhshyah, Teknik Sipil Politeknik Negeri Lhokseumawe (2019) Buketrata, yang berjudul : “*Studi Karakteristik Campuran Aspal Beton Subtitusi Agregat*

Alam Dengan Penambahan Crumb rubber” menyimpulkan bahwa : Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengenai studi karakteristik campuran aspal beton substitusi agregat alam dengan penambahan *crumb rubber* dapat diambil simpulan bahwa hasil pengujian pembuatan benda uji dengan variasi campuran kadar aspal ideal (pb 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, dan 6,5%) diperoleh kadar aspal optimum (KAO) sebesar 6% yang digunakan sebagai rancangan benda uji aspal. Berdasarkan hasil pengujian diperoleh nilai parameter *Marshall* yang optimal berada pada penambahan *crumb rubber* 4%, nilai stabilitas meningkat sebesar 34,15%, nilai VMA meningkat 23,61%, nilai VFB meningkat sebesar 6,87%, nilai MQ meningkat sebesar 20,49% dan Density meningkat sebesar 1,77%, sedangkan nilai *flow* dan nilai VIM meningkat sebesar 27,27% dan 45,65%, tetapi melampaui batas persyaratan yang telah ditentukan.

17. Berdasarkan hasil penelitian Cut Khairani DE, Teknik Sipil Universitas Syiah Kuala (2018) Darussalam Banda Aceh, yang berjudul : “*Uji Marshall Pada Campuran ASPHALL CONCRETE BINDER COURSE (AC-BC) Dengan Tambahan Parutan Ban Bekas*” menyimpulkan bahwa : Penambahan persentase perutan ban bekas sebagai bahan pengganti agregat campuran beton aspal AC-BC, mempengaruhi nilai parameter *Marshall* yaitu nilai stabilitas, *flow*, *Marshall* quotient, VIM, VMA dan VFA. Sedangkan nilai Density tidak ada pengaruh akibat penambahan persentase parutas ban bekas. Secara keseluruhan dengan adanya bahan parutan ban

bekas sebagai substitusi dari agregat pada campuran aspal, maka nilai stabilitas campuran semakin meningkat.

18. Berdasarkan hasil penelitian Radiks Gilang Maulana, Zaa'im Arroffif, Warsiti, Kusdiyono, Risman, Teknik Sipil Politeknik Negeri Semarang (2018) Semarang, yang berjudul : *“Meningkatkan Karakteristik Marshall Dengan Menambahkan Serbuk Ban Bekas Ke Dalam Campuran Laston AC-WC”* menyimpulkan bahwa : Berdasarkan analisis data dengan cara regresi korelasi dari 9 parameter *marshall* tersebut diperoleh rerata Nilai R yaitu 0.92 yang berarti “sangat kuat”, dapat dilihat yaitu $= 0.75 - 1$. Dalam perhitungan analisis dengan menggunakan perhitungan analisis regresi nilai penambahan serbuk ban optimum dari 9 parameter *marshall* yang digunakan, dari berbagai parameter *marshall* yang sudah dianalisis diperoleh hasil kadar penambahan serbuk ban terendah yaitu pada persentase 4.1% dan sedangkan persentase penambahan serbuk ban pada kondisi tertinggi (optimum) diperoleh hasil yaitu 7.4%.
19. Berdasarkan hasil penelitian Denny Azhari, Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara (2018) Medan, yang berjudul : *“Analisis Pengaruh Penggunaan Crumb rubber Sebagai Bahan Penambah Aspal Dengan Filler Abu Cangkang Sawit Untuk Campuran ASPHALT CONCRETE-BINDER COURSE (AC-BC)”* menyimpulkan bahwa : Setelah dilakukan pengujian terhadap nilai-nilai *marshall* pada campuran aspal normal, KAO+*crumb rubber*, KAO+*filler* 2% dan KAO+*crumb rubber*+*filler* 2%. Dapat disimpulkan bahwa campuran aspal normal

memenuhi spesifikasi Dinas Bina Marga 2010, namun pada campuran KAO+*crumb rubber*, KAO+*filler* 2% tidak memenuhi spesifikasi Bina Marga, namun pada pengujian KAO+*crumb rubber*+*filler* 2% dengan penambahan *crumb rubber* 3% dan 4% memenuhi spesifikasi Bina Marga.

20. Berdasarkan hasil penelitian Ramadhan Pratama, Teknik Sipil Universitas Sebelas Maret Surakarta (2017) Surakarta, yang berjudul : “*Studi Pengaruh Penggunaan Crumb rubber Sebagai Pengganti Agregat Halus Pada ASPHALT CONCRETE Dengan Bahan Pengikat Aspal Penetrasi 60/70*” menyimpulkan bahwa : Nilai *flow* 8,49 mm, stabilitas 115,49 kg, permeabilitas $1,903 \times 10^{-4}$ cm/detik, dan cantabro loss 0,099 %. Sedangkan hasil pengujian campuran tanpa *crumb rubber* menghasilkan nilai *flow* 3,26 mm, stabilitas 1211,16 kg permeabilitas $7,169 \times 10^{-4}$ cm/detik, dan cantabro loss 0,81 %. Hal ini menunjukkan pengaruh penggunaan *crumb rubber* yaitu akan meningkatkan tingkat fleksibilitas dari campuran asphalt concrete. Selain itu juga menunjukkan bahwa campuran aspal kedap air dan tahan terhadap disintegrasi.

2.9 Posisi Penelitian

Perbedaan dalam penelitian yang dilakukan sekarang dengan penelitian terdahulu hampir sama, Hanya saja penelitian ini mengarah pada limbah ban bekas yang dijadikan serbuk *crumb rubber* sebagai bahan tambah campuran terhadap aspal beton dan sebagian dari penelitian terdahulu menggunakan *crumb rubber* sebagai bahan tambah campuran aspal beton tetapi disini penulis menggunakan

limbah ban bekas yang sudah dijadikan serbuk *crumb rubber* sebagai bahan tambah terhadap campuran aspal beton.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian terdahulu ada sedikit persamaan yaitu tentang penelitian serbuk *crumb rubber* dan sama menggunakan uji *Marshall*. Perbedaan penelitian terdahulu dengan sekarang.

1. Perbedaan penelitian terdahulu dan sekarang

- a. Kebanyakan penelitian yang terdahulu menggunakan serbuk *crumb rubber* sebagai bahan tambah campuran *filer* sedangkan penelitian saat ini menjadikan serbuk *crumb rubber* sebagai bahan tambah untuk uji penelitian.

2. Persamaan penelitian terdahulu dan sekarang

- a. Persamaan penelitian terdahulu dan sekarang adalah sama - sama mengusung tema dari serbuk *crumb rubber* dan uji *Marshall* dan juga sebagai campuran aspal beton.