

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

Bersumber pada beberapa penelitian terdahulu dengan menggunakan campuran serbuk kayu antara lain:

1. Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai *Filler Hot Rolled Sheet – Base* (HRS-BASE), Sabaruddin 2011, Fakultas Teknik Universitas khoirun kampus Gambesi Ternate. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh limbah abu serbuk kayu pada *HRS-base*, menggunakan agregat Kalumate Tengah dan Tubo. Pengujian agregat dan *filler* dilakukan untuk mengevaluasi pro-pertisnya yang berhubungan dengan kualitas sebagai komponen campuran aspal. Pada penelitian ini, campuran agregat Kalumata Tengah, Tubo dan limbah abu serbuk kayu dari kota Ternate dirancang dengan Pengujian *Marshall* di laboratorium yang meliputi: pengujian agregat, berat jenis, analisa saringan, kadar Lumpur, keawetan dan keausan dengan mesin *Los Angeles Agregat*, aspal dan pengujiannya, kepadatan aspal, titik lembek, titik nyala dan titik baker, penetrasi, reduksi aspal, dan dilanjutkan dengan pengujian *Marshall*. Dari hasil di atas dapat disimpulkan bahwa nilai yang diperoleh dari pengujian stabilitas *Marshall* pada variasi filler 1%, 2%, dan 3% pada kandungan aspal 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%, sesuai spesifikasi *HRS-Base*.
2. Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Substitusi *Filler* Pada Campuran *Laston Lapis Aus*, Cut Yuslinggan Cahya, 2018. Fakultas Teknik ,Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Metode pengujian mengikuti prosedur pengujian *marshall*, AASHTO, Bina Marga dan metode lain yang digunakan adalah pengujian durabilitas modifikasi, mengingat tidak ada dalam ketiga metode tersebut. Tahapan penelitian diawali dengan pemeriksaan sifat-sifat fisis agregat dan aspal setelah disubsitisi Abu Serbuk Kayu sebagai *filler*, serta bahan yang digunakan Agregat kasar, Agregat halus, Aspal penetrasi 60/70 produksi PT. Pertamina. Perencanaan campuran laston lapis aus (AC-

WC) dengan spesifikasi Bina Marga 2010 revisi 3 (2014) dengan menggunakan cara basah.

3. Pada penelitian yang dilakukan oleh Avista Candra Dewi S, Ristradianti Dwi A. 2016 Penelitian ini membahas mengenai pengaruh penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai *Marshall* yang ada pada campuran aspal porus. Penggunaan serbuk kayu jati ini juga dapat mengurangi jumlah limbah serbuk kayu yang ada. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah variasi kadar serbuk kayu jati dan variasi suhu perendaman. Variasi kadar serbuk kayu jati sebesar 4%, 5% dan 6% sedangkan variasi suhu perendaman 45°C, 60°C, dan 75°C. Jumlah benda uji untuk mencari *KAO* yang dibuat sebanyak 9 buah benda uji. Benda uji *Marshall Immersion* sebanyak 9 buah benda uji. Penelitian ini menggunakan metode analisis *ANOVA* Dua Arah. Hasil uji statistik menunjukkan bahwa tidak ada pengaruh dari penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai *Marshall* pada campuran aspal porus.

2.2 Perbandingan Studi Terdahulu

No	Studi	Kesamaan	Perbedaan
1	Pemanfaatan Limbah Abu Serbuk Kayu Sebagai Filler Hot Rolled Sheet – Base (HRS-BASE), Sabaruddin, Fakultas Teknik Universitas khoirun kampus Gambesi Ternate	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian aspal menggunakan bahan tambah serbuk kayu • Proses pengujian aspal 	Menggunakan jenis perkerasan HRS BASE
2	Karakteristik Penggunaan Abu Serbuk Kayu Sebagai Subtitusi Filler Pada Campuran Laston Lapis Aus, Cut Yuslinggan Cahya, Fakultas Teknik ,Universitas Unsyiah Kuala Banda Aceh	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian aspal menggunakan bahan tambah serbuk kayu • Proses pengujian aspal 	Menggunakan jenis perkerasan AC-WC
3	Pengaruh Penambahan Serbuk Kayu Jati Terhadap Karakteristik Marshall Pada Campuran Aspal Porus, Avista Candra Dewi S, Ristrandiani Dwi A, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Brawijaya Malang	<ul style="list-style-type: none"> • Penelitian aspal menggunakan bahan tambah serbuk kayu 	Menggunakan metode analisis ANOVA Dua Arah

Tabel 2.1 Perbandingan Studi Terdahulu

Bersumber pada beberapa penelitian terdahulu yang sudah di jelaskan pada bagan di atas, dipaparkan kalau tiap-tiap penelitian tersebut menggunakan jenis perkerasan yang berbeda-beda guna menganalisa kapasitas serta karakter penelitian aspal dengan serbuk kayu jati sebagai material pengisi. Sebaliknya peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian dengan jenis perkerasan yang lain yaitu jenis perkerasan *Asphalt Treated Base* (ATB), dikarenakan pekerasan jenis ini belum pernah digunakan pada penelitian-penelitian lebih dahulu. penulis ingin memperhitungkan keunggulan dan kekuatan jenis perkerasan *Asphalt Treated Base* (ATB) dalam menganalisa serta mengidentifikasi kapasitas serta karakter aspal dengan menggunakan limbah serbuk kayu jati sebagai material pengisi.

2.3 Konstruksi Perkerasan Jalan

Perkerasan jalan raya terdiri dari berlapis- lapis supaya beban kendaraan yang melalui bisa diteruskan kelapisan dibawahnya. Lapisan permukaan jalan umumnya memakai material kualitas bagus serta lapisan di bawahnya kualitasnya menurun sebab beban yang diterimanya tidak sebesar beban yang diteruskan pada lapisan permukaan jalan.

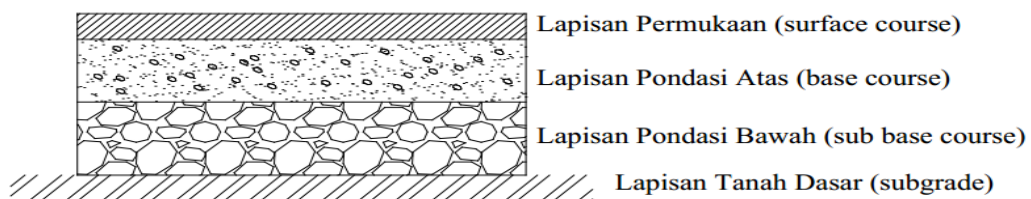
Perkerasan jalan merupakan bagian dari lalu lintas yang apabila kita cermati dengan cara struktural pada penampang melintang jalan merupakan penampang struktur dalam peran yang sangat sentral dalam suatu badan jalan. Saodang, H (2004: 1)

Menurut Sukirman, S (1999: 83) dalam perencanaan harus diperhitungkan semua faktor- faktor yang bisa mempengaruhi fungsi dari pelayanan konstruksi perkerasan jalan semacam fungsi jalan, daya tahan perkerasan, umur rencana, lalu lintas, sifat dasar tanah, situasi lingkungan, sifat serta material dilokasi sebagai bahan lapisan perkerasan serta struktur geometrik lapisan perkerasan jalan.

2.4 Jenis Kontruksi Perkerasan Jalan

2.4.1 Konstruksi Perkerasan Lentur (*Fleksibel Pavement*)

Menurut Sukirman Silvia(1999: 4), *Perkerasan Lentur Jalan Raya*, struktur perkerasan lentur terdiri dari lapisan- lapisan yang diletakkan di atas tanah dasar yang sudah dipadatkan. Lapisan-lapisan itu berperan guna menerima beban lalu lintas untuk kemudian disebarkan ke lapisan dibawahnya. Lapisan-lapisan konstruksi perkerasan lentur antara lain:



Gambar 2.1 Susunan lapis kontruksi perkerasan lentur

a) Lapisan permukaan (*surface course*)

Lapisan permukaan yang terletak paling atas dari permukaan jalan dan berfungsi sebagai:

- a. Lapis perkerasan penahan beban roda, lapisan yang memiliki stabilitas tinggi guna menahan beban roda selama masa pelayanan.
- b. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan yang terdapat dibawahnya serta melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
- c. Lapis aus (*wearing course*), lapisan yang langsung menahan gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.
- d. Lapis yang menyebarkan beban ke lapisan bawah, sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain yang mempunyai daya dukung yang lebih jelek.

b) Lapisan pondasi atas (*base course*)

Lapisan perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan lapis permukaan dinamakan lapis pondasi atas (*base course*). Fungsi lapisan pondasi atas ini antara lain sebagai :

- a. Bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban roda dan menyebarkannya ke lapisan di bawahnya.
 - b. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.
 - c. Bantalan terhadap lapisan permukaan.
- c) Lapisan pondasi bawah (*subbase course*)

Lapisan perkerasan yang terletak antara lapis pondasi atas dan tanah dasar dinamakan lapis pondasi bawah (*subbase*). Lapis pondasi bawah ini berfungsi sebagai :

- a. Bagian dari konstruksi perkerasan untuk menyebarkan beban roda ke tanah dasar.
 - b. Efisiensi penggunaan material, dimana material pondasi bawah relatif murah dibandingkan dengan lapisan perkerasan yang ada di atasnya.
 - c. Mengurangi tebal lapisan yang ada di atasnya yang lebih mahal
 - d. Lapis peresapan, agar air tanah berkumpul di pondasi.
 - e. Lapisan pertama, agar pekerjaan dapat berjalan lancar. Maka hal ini sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus segera menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda-roda alat berat/besar.
 - f. Lapisan untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapis pondasi atas.
- d) Lapisan tanah dasar (*subgrade*)

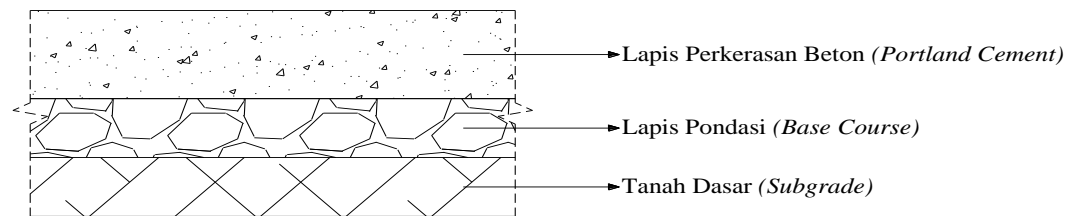
Lapisan tanah dasar berupa tanah asli yang dipampatkan kalau aslinya bagus, tanah yang didatangkan dari tempat lain serta dipampatkan ataupun tanah asli yang distabilisasi dengan kapur ataupun materi yang lain. Pempadatan yang bagus didapat kalau dilakukan pada kandungan air optimum serta diusahakan kandungan air tersebut selama umur rencana..

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

- a. Lapisan tanah dasar dan tanah galian.
- b. Lapisan tanah galian dan tanah timbunan.
- c. Lapisan tanah dasar dan tanah asli.

2.4.2 Konstruksi Perkerasan Kaku (*Rigit Povement*)

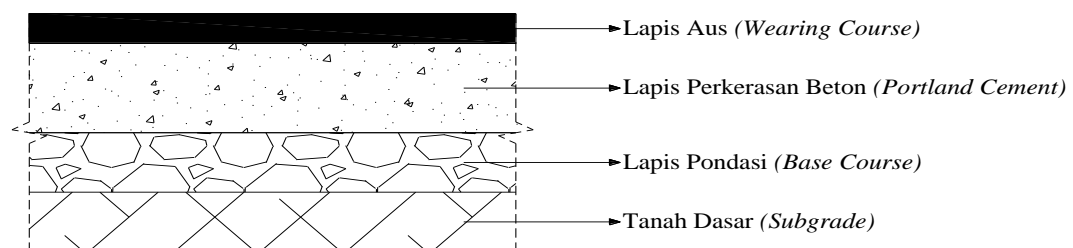
Menurut Sukirman, S (1999: 4), *Perkerasan Kaku Jalan Raya*, Beranggapan kalau konstruksi perkerasan kaku (*Rigid Pavement*) ialah perkerasan yang menggunakan semen (*portland cement*) selaku materi pengikat. *Rigid pavement* ataupun Perkerasan Kaku merupakan suatu lapisan konstruksi perkerasan dimana sebagai lapisan atas yang menggunakan pelat beton yang terletak di atas pondasi ataupun diatas tanah dasar pondasi ataupun langsung di atas tanah dasar (*subgrade*). Beban lalu lintas sebagian besar dipikul oleh pelat beton.



Gambar 2.2 Susunan lapis kontruksi perkerasan kaku

2.4.3 Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Menurut Sukirman, S(1999: 4) menerangkan kalau konstruksi perkerasan komposit (*Composite Pavement*) ialah perkerasan kaku yang digabungkan dengan perkerasan lentur bisa berbentuk perkerasan lentur di atas perkerasan kaku ataupun perkerasan kaku di atas perkerasan lentur..



Gambar 2.3 Susunan lapis kontruksi perkerasan komposit

2.5 Material Konstruksi Perkerasan

2.5.1 Agregat

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (*Laston*) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, agregat merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lainnya, baik berupa

hasil alam maupun buatan. Berdasarkan besar ukuran saringan agregat dibedakan menjadi empat macam yaitu :

1. Agregat kasar untuk rancangan adalah agregat yang tertahan pada ayakan No. 4 (4,75). Agregat kasar ini menjadikan perkerasan lebih stabil dan mempunyai ketahanan terhadap slip (*skid resistance*) yang tinggi sehingga menjamin keamanan lalu lintas. Agregat kasar yang mempunyai bentuk butiran yang bulat memudahkan proses pemadatan tetapi rendah stabilitasnya, sedangkan yang berbentuk menyudut angular sulit dipadatkan tetapi mempunyai stabilitas tinggi.
2. Agregat sedang adalah agregat dengan ukuran 05-10 (mm) disebut juga dengan batu split ukuran No. 3/8 (9,5 mm). Material batu split ini banyak digunakan untuk campuran dalam proses pengaspalan jalan.
3. Agregat halus adalah agregat dengan ukuran butir lebih kecil dari saringan No. 8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir.
4. Bahan pengisi / *filler* adalah bahan berbutir halus yang lolos ayakan No. 200 (0,074) minimum 75 %. Fungsi *filler* adalah sebagai pengisi rongga udara pada material sehingga dapat memperkaku lapisan aspal

a) Sifat Agregat

Menurut Sukirman S (1999: 41), *Perkerasan Lentur Jalan raya*. Agregat atau batuan di deskripsikan dengan cara umum sebagai susunan kulit alam yang keras serta penyal (*solid*). *ASTM* (1974) mendeskripsikan batuan sebagai suatu materi yang terdiri dari mineral padat, berbentuk masa berdimensi besar atau berbentuk fragmen-fragmen. Agregat atau batuan ialah bagian penting dari susunan perkerasan jalan yaitu memiliki 90- 95% agregat bersumber pada persentase berat ataupun 75- 75% agregat bersumber pada persentase volume. Dengan begitu daya dukung, keawetan serta kualitas perkerasan jalan ditentukan pula dari sifat agregat serta hasil campuran agregat dengan material lain. Sebagian bagian ketentuan agregat yang di kutip dari Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian		Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan	natrium sulfat	SNI 3407 : 2008	Maks. 12%
	magnesium sulfat		Maks. 18%
Abrasi dengan mesin Los Angeles	Campuran AC Modifikasi	100 putaran	Maks. 6%
		500 putaran	Maks. 30% **)
	Semua jenis campuran aspal bergradasi lainnya	100 putaran	Maks. 8%
		500 putaran	Maks. 30% **)
Kelekatan agregat dengan aspal		SNI 2439:2011	Min. 95%
Butir pecah pada Agregat Kasar		SNI7619:2012	95/90
Partikel Pipih dan Lonjong		ASTM D4791 Perbandingan 1 : 5	Maks. 10%
Material lolos Ayakan No. 200		SNI 03-4142-1996	Maks. 1%

Dikutip dari "Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018"

Tabel 2.3 Ukuran Nominal Agregat Kasar

Jenis Campuran	Ukuran nominal agregat kasar penampung dingin (<i>cold bin</i>) minimum yang diperlukan (mm)			
	5 – 10	10 – 14	14 - 22	22 – 30
Lataston Lapis Permukaan	Ya	Ya		
Lataston Lapis Pondasi	Ya	Ya		
Laston Lapis Permukaan	Ya	Ya		
Laston Lapis Pondasi	Ya	Ya	Ya	Ya

Dikutip dari "Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018"

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
Angularitas Dengan Uji Kadar Rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
Gumpalan Lempung Dan Butir-butir Mudah Pecah Dalam Agregat	SNI 03-4141-1996	Maks 1%
Agregat Lolos Ayakan No. 200	SNI ASTM C117:2012	Maks 10%

Dikutip dari "Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018"

b) Gradasi

Menurut Sukirman, S (1999: 45- 46) gradasi ataupun distribusi partikel-partikel bersumber pada dimensi agregat merupakan perihal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Diambil dari Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2018 dalam tabel 2. 5.

Tabel 2.5 Gradasi Agregat Gabungan untuk Campuran Aspal

Ukuran Saringan		Persen Berat Lolos						
(mm)	(ASTM)	SS	STS	STK	HRS-A	HRS-B	AC	ATB
37,5	1,5"	-	-	-	-	-	-	-
25,0	1"	-	-	-	-	-	-	100
19,0	3/4"	-	-	-	100	100	100	90-100
12,7	1/2"	-	-	100	80-100	75-100	90-100	65-90
9,5	3/8"	100	100	95-100	60-85	57-80	60-85	55-80
4,75	#4	95-100	95-100	75-100	56-80	48-75	38-55	35-60
2,36	#8	70-95	80-95	55-90	53-78	38-70	27-40	24-45
1,18	#16	45-80	60-85	44-80	40-70	22-60	17-30	25-34
0,600	#30	30-65	45-74	32-70	25-60	19-47	14-24	9-25
0,300	#50	22-50	30-62	20-60	13-48	12-35	9-18	5-17
0,150	#100	19-34	16-40	12-50	8-30	6-25	5-12	3-12
0,075	#200	6-18	6-18	6-12	5-10	5-9	2-8	2-9

Dikutip dari "Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018"

2.5.2 Bahan Pengisi (*Filler*)

Filler merupakan material yang sangat halus, minimal 75% yang lolos saringan Nomor. 200 (0, 075). Pada prakteknya fungsi *filler* merupakan untuk meningkatkan viskositas dari aspal serta mengurangi sensibilitas terhadap temperatur, tingkatkan komposisi *filler* dalam campuran bisa meningkatkan stabilitas campuran namun menurunkan kandungan *air void* (rongga udara).

Seluruh kombinasi beraspal wajib mengandung pengisi (*filler*) yang ditambahkan minimum 1% dari berat keseluruhan agregat (diambil dari Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018). Oleh karena terlalu besar kandungan

filler dalam campuran akan menyebabkan campuran getas (*brittle*) serta akan retak (*crack*) ketika menerima beban lalu lintas. Akan tetapi sangat kecil kandungan *filler* akan menyebabkan campuran sangat lunak pada saat cuaca panas.

2.5.3 Aspal

Aspal merupakan suatu unsur dari minyak alam sangat kasar yang bukan dari hasil proses utama distilasi minyak alam. Namun ialah residu dari minyak mentah. Residu minyak alam mempunyai komponen yang bermacam- macam mulai dari 1% sampai 58% berat (colbert, 1984).

Aspal ialah material pada perkerasan jalan serta bersifat viskoelastis sehingga aspal bisa meleleh bila dipanaskan dengan temperatur tertentu sedemikian itu pula sebaliknya (Sukirman, S., 2003).

Peranan aspal merupakan sebagai materi pengikat antara agregat dengan aspal, juga selaku pengisi rongga pada agregat. Daya tahannya (*durability*) berbentuk kemampuan aspal guna mempertahankan sifat aspal dari dampak pengaruh cuaca serta tergantung pada sifat campuran aspal dan agregat. Sedangkan sifat adhesi serta kohesi merupakan kemampuan aspal guna menjaga ikatan yang baik. Aspal yang dipakai untuk material jalan terdiri dari beberapa jenis yakni :

a) Aspal alam

Aspal alam di Indonesia ditemukan di P. Buton, Sulawesi Tenggara (*Asbuton*).

b) *Bitumen* (aspal buatan)

Aspal buatan adalah *bitumen* yang merupakan jenis aspal hasil penyulingan minyak bumi yang mempunyai kadar parafin yang rendah dan disebut dengan *paraffin base crude oil*. Aspal buatan terdiri dari berbagai bentuk, yaitu bentuk padat, cair dan emulsi.

c) Ter

Ter adalah istilah umum untuk cairan yang diperoleh dari mineral organik seperti kayu atau batu bara melalui proses pemijaran atau destilasi pada suhu tinggi tanpa zat asam.

Menurut Departemen Pekerjaan Umum pada Petunjuk Pelaksanaan Lapis Aspal Beton (*Laston*) untuk Jalan Raya, SKBI-2.4.26.1987, aspal dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu :

1. Aspal keras (*Asphalt Cement*)

Aspal keras adalah suatu jenis aspal minyak yang merupakan residu hasil destilasi minyak alam pada keadaan hampa udara, yang pada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat. Adapun jenis penetrasinya adalah sebagai berikut:

- a. Aspal penetrasi rendah 40/55, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang tinggi, dan daerah cuaca iklim panas.
- b. Aspal penetrasi rendah 60/70, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang sedang atau tinggi, dan daerah cuaca iklim panas.
- c. Aspal penetrasi rendah 80/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang sedang atau rendah, dan daerah cuaca iklim dingin.
- d. Aspal penetrasi rendah 100/100, digunakan untuk kasus jalan dengan volume lalu lintas yang rendah dengan daerah cuaca iklim dingin.

2. Aspal cair (*Cut Back Asphalt*)

Aspal cair adalah campuran antara aspal keras dengan bahan pencair yang didapat dari hasil penyulingan minyak bumi. Maka *cut back asphalt* berbentuk cair dalam temperatur ruang. Aspal cair digunakan sebagai keperluan lapis resap pengikat (*prime coat*)

3. Aspal *emulsi*

Aspal *emulsi* adalah campuran aspal dengan air beserta bahan pengemulsi. Didalam proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan ke dalam air.

Menurut Spesifikasi Umum Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga Provinsi Jawa Timur 2018, ketentuan-ketentuan aspal 60-70 yang digunakan dalam pelaksanaan perkerasan jalan di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.6. Berikut ini:

Tabel 2.6 Spesifikasi aspal keras pen. 60/70

No.	Jenis Pengujian	Aspal 60-70
1.	Penetrasi pada 25 ⁰ C (0,1 mm)	60-70
2.	Viskositas Dinamis 60 ⁰ C (Pa.s)	160-240
3.	Viskositas Kinematis 135 ⁰ C (cSt)	≥ 300
4.	Titik Lembek (⁰ C)	≥ 48
5.	Daktilitas pada 25 ⁰ C (cm)	≥ 100
6.	Titik Nyala (⁰ C)	≥ 232
7.	Kelarutan dalam Trichloroethylene (%)	≥ 99
8.	Berat Jenis	≥ 1,0
Pengujian Residu hasil TFOT :		
9.	Berat yang hilang (%)	≤ 0,8
10.	Viskositas Dinamis 60 ⁰ C (Pa.s)	≤ 800
11.	Penetrasi pada 25 ⁰ C (%)	≥ 54
12.	Daktilitas pada 25 ⁰ C (cm)	≥ 100

Sumber: Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018

2.6 Perkerasan Aspal Beton (*Hotmix*)

Aspal beton (*Hotmix*) ialah campuran agregat kasar, agregat halus, serta materi pengisi (*filler*) dengan materi pengikat aspal dengan kondisi temperatur tinggi dengan komposisi yang diteliti serta diatur oleh spesifikasi teknis.

Campuran aspal panas merupakan suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, serta materi pengikat aspal dengan perbandingan khusus serta dicampur dalam kondisi panas.

Menurut Bina Marga (2012), aspal beton secara besar digunakan sebagai lapisan permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas berat, sedang, ringan, serta lapangan terbang, dalam kondisi segala macam cuaca. Bersumber pada materi yang

dipakai serta keinginan desain konstruksi jalan aspal beton (*Hotmix*) memiliki beberapa jenis antara lain:

1. *Prime Coat*

Prime coat merupakan lapisan ikat aspal cair yang terletak di atas lapis pondasi agregat kelas A. Lapisan resap pengikat biasanya dibuat dari aspal dengan penetrasi 80/100 atau penetrasi 60/70 yang di cairkan minyak tanah. Volume yang digunakan antara 0,4 sampai dengan 1,3 liter/m².

2. *Tack coat*

Lapis perekat (*Tack coat*) adalah lapisan aspal cair yang diletakkan diatas lapisan beraspal atau lapis beton. fungsi utama dari lapis perekat ini adalah untuk memberikan daya ikat antara lapis lama dengan lapis baru. Bahan lapis pengikat terdiri dari aspal emulsi yang cepat menyerap atau aspal keras penetrasi 80/100 atau penetrasi 60/70 yang di cairkan dengan 25-30 bagian minyak tanah per seratus bagian aspal. Pemakaiannya berkisar antara 0,15 sampai 0,50/m² lebih tipis dibandingkan volume *prime coat*.

3. *Asphalt Concrete Base (ACB)* atau *Asphalt Treated Base (ATB)*

Asphalt Treated Base (ATB) adalah salah satu jenis Aspal Beton yang digunakan sebagai pondasi atau konstruksi jalan dengan lalu lintas berat. Tebal minimum yang digunakan adalah 5cm.

4. *Binder Course (AC-BC)*

Binder Course adalah lapisan perkerasan jalan dibawah lapisan aus (*Wearing Course*) dan diatas lapisan pondasi (*Base Course*). Lapisan ini walau tidak berhubungan langsung dengan cuaca tetapi harus mempunyai ketebalan yang cukup, ini bertujuan untuk mengurangi ketegangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan dibawahnya. Tebal gelagar minimum untuk BC adalah 4 cm.

5. *Wearing Course (AC-WC)*

Wearing Course atau disebut dengan *LASTON* merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas, atau lapisan permukaan jalan dengan lalu lintas

berat. Berfungsi sebagai lapisan aus. *AC-WC* dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu, sehingga dapat menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. Tebal minimum lapisan ini sebesar 4 cm.

6. *Hot Roller Sheet (HRS)*

HRS atau *Lataston* (lapisan tipis aspal beton) digunakan sebagai lapis permukaan konstruksi jalan dengan lalu lintas sedang. Tebal minimum lapisan ini adalah 3 cm samapi dengan 4 cm.

7. *Fine Grade (FG)*

Fine Grade adalah salah satu dari jenis aspal *hotmix* yang biasa digunakan untuk jalan perumahan dengan beban rendah. Tebal minimum lapisan ini adalah 2,8 cm maksimumm 3 cm

8. *Shand Sheet*

Shand Sheet biasanya dipergunakan untuk jalan perumahan dan parkir dengan tebal maksimum 2,8 cm.

2.7 **Campuran Asphalt Treated Base (ATB)**

Departemen Pekerjaan Umum (1983) mengatakan bahwa konstruksi beton aspal bisa dipakai sebagai *wearing course*, *binder course*, *base course* serta *subbase course*. Untuk aspal beton yang dipakai pada lapisan base course bersumber pada spesifikasi Bina Marga. *Asphalt Treated Base (ATB)* ialah pondasi perkerasan yang terdiri dari kombinasi agregat serta aspal dengan perbandingan khusus.

Asphalt Treated Base (ATB) memiliki fungsi sebagai perkerasan yang melanjutkan serta mengedarkan beban lalu lintas kebagian konstruksi jalan dibawahnya. Lapis aspal beton pondasi atas mempunyai sifat- sifat semacam open grade, kurang kedap air serta memiliki nilai struktural.

Sebagai lapis pondasi dasar perkerasan jalan, *Asphalt Traeted Base (ATB)* mempunyai kriteria sebagai berikut:

1. Sebagai bagian perkerasan yang menahan gaya lintang dari beban dan menyebarkan beban lapisan bawahnya.
2. Sebagai lapisan peresapan untuk pondasi bawah.
3. Sebagai bantalan terhadap lapisan permukaan.

Persyaratan campuran perkerasan *Asphalt Traeted Base* (ATB) dapat dilihat pada tabel 2.7 adalah sebagai berikut :

Tabel 2.7 Persyaratan sifat campuran untuk *Asphalt Traeted Base* (ATB)

Sifat Campuran		Spesifikasi						
		SS	STS	STK	HRS- A	HRS- B	AC	ATB
Kadar Aspal Efektif	Min	8,0	8,3	6,0	6,3	5,5		
Kadar Penyerapan Aspal	Max	2,0	2	2	1,7	1,7	1,7	1,7
Kadar Aspal Total (% terhadap berat total)	Min	9,0	9,3	7,0	7,3	6,5	6	5,8
Kadar Rongga Udara dari campuran padat(%terhadap volume total campuran)	Min	3	3	3	4	4	3	3
	Max	9	9	9	6	6	5	5
Rongga diantara mineral agregat (VMA) (%)	Min	20	20	20	18	18	15	14
Rongga terisi aspal (VFA) (%)	Min	75	75	75	68	68	65	65
Stabilitas Marshal (SNI-06-2489-1991) (Kg)	Min	200	200	450	450	800	800	800
Pelelehan (Flow), mm	Min	2	2	2	3	3	2	2
	Max	3	3	3			4	4
Marshall Quotient (SNI-06-2489-1991) (Kg/mm)	Min	80	80	80	250	250		
Stabilitas Marshal tersisa setelah perendaman selama 24 jam pada 60° C (% terhadap stabilitas semula)	Min	75	75	75	75	75	75	75

Dikutip dari "Spesifikasi Umum DPU Bina Marga Prov. Jatim 2018"

Tabel 2.8 Sifat-sifat campuran LASTON

Sifat- sifat Campuran		Laston		
		Lapis Aus	Lapis Antara	Fondasi
Jumlah tumbukan per bidang		75		112
Rasio partikel lolos ayakan 0,075mm dengan kadar aspal efektif	Min.	0,6		
	Maks.	1,6		
Rongga dalam campuran (%)	Min.	3,0		
	Maks.	5,0		
Rongga dalam Agregat (VMA) (%)	Min.	15	14	13
Rongga terisi Aspal (%)	Min.	65	65	65
Stabilitas Marshall (kg)	Min.	800		1800
Pelelehan (mm)	Min.	2		3
	Maks.	4		6
Stabilitas Marshall Sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 °C	Min.	90		
Rongga dalam campuran (%) pada Kepadatan membal (refusal)	Min.	2		

Dikutip dari “Direktorat Jenderal Bina Marga. Spesifikasi Umum 2018”

2.8 Karakteristik Campuran Beraspal

Karakter campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton merupakan stabilitas, keawetan ataupun durabilitas, kelenturan ataupun fleksibilitas, daya tahan terhadap kelelahan (*fantique risistance*), daya tahan geser, kedap air, serta kemudahan dalam penerapan (*workability*). Karakter campuran yang harus dimiliki oleh aspal beton campuran panas yaitu:

1. Stabilitas

Stabilitas lapisan perkerasan jalan merupakan kemampuan lapisan perkerasan guna menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk semacam gelombang, alur atau bleeding. Kebutuhan akan stabilitas setara dengan jumlah lalu lintas serta beban kendaraan yang melintasi jalan tersebut.

Stabilitas yang sangat tinggi menyebabkan lapisan menjadi kaku serta mudah mengalami retak, disamping itu menyebabkan volume antar agregat kurang hingga kandungan aspal yang diperlukan juga menjadi rendah. Perihal ini menghasilkan ikatan aspal mudah lepas akibatnya durabilitas jadi rendah.

Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antar elemen, serta daya ikat yang bagus dari lapisan aspal. Faktor- faktor yang pengaruhi angka stabilitas aspal beton merupakan:

- a. Gesekan internal yang dapat berasal dari kekasaran permukaan butir-butir agregat, gradasi agregat, kepadatan campuran, dan tebal film aspal.
- b. Kohesi yang merupakan gaya ikat aspal yang berasal dari gaya lekatnya, sehingga mampu memelihara tekanan kontak antar butir agregat.

2. Durabilitas (Keawetan/Daya Tahan)

Durabilitas dibutuhkan pada lapisan permukaan sehingga sanggup menahan keausan dampak akibat cuaca, air, serta pergantian temperatur atau keausan dampak gesekan roda kendaraan. Aspek yang pengaruhi durabilitas lapis aspal beton merupakan:

- a. VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi rapuh (getas).
- b. VMA besar sehingga film aspal dapat dibuat tebal, jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi maka kemungkinan terjadinya *bleeding* cukup besar, untuk mencapai VMA yang besar digunakan agregat bergradasi senjang.
- c. Film (selimut) aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal beton yang durabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya *bleeding* menjadi besar.

3. Fleksibilitas (Kelenturan)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan merupakan kemampuan perkerasan guna bisa mengikuti deformasi yang terjadi dampak dari beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya retak serta perubahan volume. Guna memperoleh fleksibilitas yang besar dapat dihasilkan dengan:

- a. Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang benar.
 - b. Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi)
 - c. Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.
4. *Kekesatan (Skid Resistance)*
- Tahanan geser merupakan kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan yang mengalami slip baik di waktu hujan(berair) ataupun di waktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien gesek antara permukaan jalan dengan roda kendaraan. Tingginya nilai tahanan geser ini dipengaruhi oleh:
- a. Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
 - b. Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tidak terjadi *bleeding*.
 - c. Penggunaan agregat kasar yang cukup.
5. *Daya Tahan Kelelahan (Fatigue Resistance)*
- Daya tahan kelelahan merupakan daya tahan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berbentuk alur serta retak. Faktor- faktor yang pengaruhi daya tahan terhadap kelelahan yakni:
- a. VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebih cepat.
 - b. VMA dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.
6. *Kedap Air*
- Kemampuan beton aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara lapisan beton aspal. Air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari permukaan agregat.

7. *Workability* (Kemudahan Pelaksanaan)

Kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan. *Workability* ini dipengaruhi oleh gradasi agregat. Agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan daripada agregat bergradasi lain.

2.9 Karakteristik Serbuk Kayu

Kayu merupakan hasil hutan dari pangkal kekayaan alam, dan juga merupakan materi mentah yang mudah diproses guna dijadikan benda sesuai dengan perkembangan teknologi. Penafsiran kayu di sini merupakan suatu materi yang didapat dari hasil pemungutan pohon-pohon di hutan, yang merupakan bagian dari tumbuhan itu, dan diperhitungkan bagian mana yang lebih banyak bisa digunakan guna suatu tujuan pemakaian. Begitu perihalnya dengan serbuk kayu pengergajian ialah salah satu tipe elemen kayu yang berdimensi 1, 00 milimeter– 2, 00 milimeter, bobotnya amat ringan dalam kondisi kering serta mudah diterbangkan oleh angin. (Dumanauw, J. F, 1990).

Serbuk Kayu merupakan salah satu tipe materi limbah yang bersifat organik dimana limbah ini ada pada area perusahaan pengergajian kayu ataupun pengrajin furniture yang disaat ini belum maksimal pemanfaatannya. Serbuk kayu merupakan serbuk yang berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji.

Serbuk yang hendak dipakai membutuhkan pengerjaan yang disebut proses mineralisasi. Cara ini dipakai guna mengurangi zat ekstraktifnya semacam gula, tanin serta asam- asam organik dari tumbuh- tumbuhan supaya energi lekatan serta pengerasan semen tidak tersendat. Peninjauan yang dilakukan pada serbuk kayu merupakan peninjauan kandungan air serbuk kayu awal (saat sebelum proses mineralisasi), pengecekan kandungan air serbuk kayu akhir (sesudah proses mineralisasi) serta peninjauan berat isi serbuk kayu dalam kondisi longgar. Serbuk gergaji kayu ialah limbah perusahaan kayu yang nyatanya bisa digunakan sebagai zat penyerap.

Dimana proses kimianya sebagai berikut: Diamati dari respon di atas kalau serbuk kayu yang banyak memiliki selulosa sesudah direndam dengan air kapur 5%

selama± 24 jam akan membentuk kalsium karbonat selaku zat perekat (tobermorite) yang bila bereaksi dengan semen akan semakin melekatkan butir-butir hasil akumulasi sehingga tercipta massa yang solid serta padat. (Ida Nurwati, 2006).



Gambar 2.4 Serbuk Kayu Jati

2.10 *Mix Design Formula*

Campuran untuk lapisan aspal beton pada dasarnya terdiri dari agregat kasar, agregat halus, serta aspal. Tiap- tiap agregat diperiksa gradasinya serta kemudian digabungkan menurut tolok ukur yang akan menghasilkan agregat gabungan yang memenuhi persyaratan. Ke dalam agregat gabungan itu ditambahkan aspal sesuai dengan yang ditetapkan sehingga didapat aspal yang memenuhi persyaratan konsep gabungan Lapis Aspal Beton (Laston). Persyaratan yang dimaksud bersumber pada Petunjuk Penerapan Lapis Aspal Beton (LASTON) untuk jalan raya, SNI Nomor. 1737– 1989– F dan Spesifikasi Umum, Buku 3, Direktorat Jenderal Bina Marga, Departemen Pekerjaan Umum, Republik Indonesia.

Metode konsep gabungan Aspal Beton yang dipakai merupakan konsep gabungan aspal panas (*hot mix*) yakni sesuatu gabungan yang terdiri dari bagian- bagian agregat yang merupakan bagian terbesar dalam gabungan serta

materi pengikatnya aspal dimana metode pencampurannya melalui teknik pemanasan.

Perancangan Gabungan Aspal Beton yang dipakai merupakan berdasarkan metode *Marshall*, dengan metode ini kita bisa memutuskan jumlah penggunaan aspal yang pas sehingga bisa menciptakan komposisi yang baik antara agregat dan aspal sesuai dengan persyaratan teknis perkerasan jalan yang ditetapkan.

Metode penyusunan di laboratorium bersumber pada pemeriksaan empiris terdiri dari 2 tahapan, antara lain:

- a. Menguji sifat agregat dan aspal yang akan dipergunakan sebagai bahan dasar campuran. Bahan dasar campuran ini harus memenuhi spesifikasi yang dipilih.
- b. Membuat rancangan campuran di *Mix Formula* laboratorium yang menghasilkan rumus campuran rancangan yaitu DMF (*Design Mix Formula*).

Dari pemeriksaan analisa saringan diperoleh prosentase lolos saringan dari tiap- tiap dimensi agregat, prosentase tersebut dijadikan informasi guna pembuatan diagram diagonal sebagai *mix design* guna memperoleh komposisi kombinasi pembuatan benda uji. Berikutnya guna memperoleh prosentase tiap- tiap bagian agregat (chipping, pasir serta abu batu) dalam kombinasi digunakan Metode Grafis Diagonal, dimana prosedurnya sebagai berikut:

1. Diketahui gradasi ideal yang akan digunakan dari persyaratan gradasi yang ditentukan.
2. Digambar empat persegi panjang dengan ukuran (10 x 20) cm.
3. Dibuat garis diagonal dari ujung kiri bawah keujung kanan atas.
4. Sisi vertikal menyatakan persen lolos saringan dengan skala 0 dibawah dan 100 diatas.
5. Dengan melihat spesifikasi ideal, tiap-tiap nilai ideal tersebut diletakkan pada garis diagonal berupa titik.
6. Dari tiap titik pada diagonal ditarik garis vertikal untuk menempatkan nomor-nomor saringan.
7. Digambar grafik gradasi dari masing-masing fraksi yang akan dicampur.

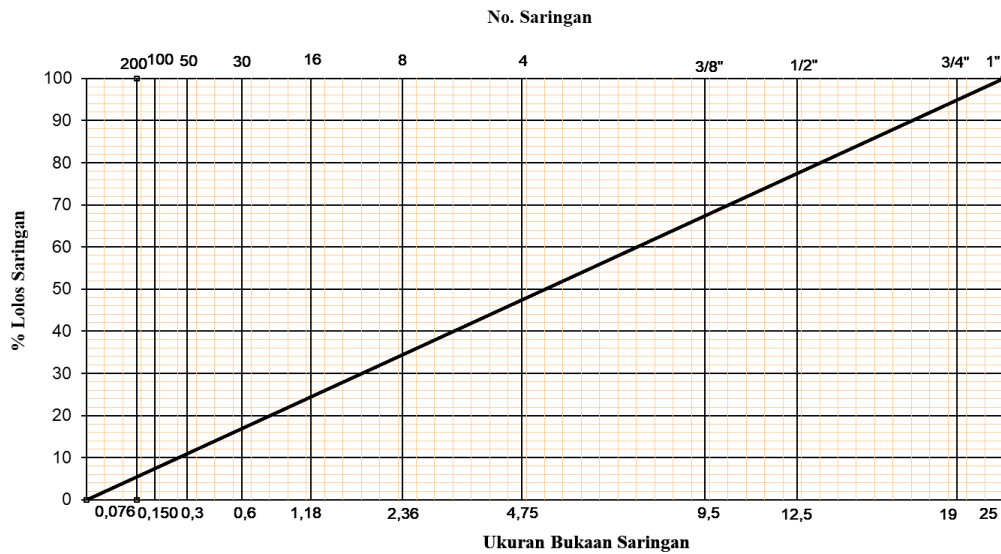
8. Untuk menentukan prosentase agregat kasar, dilihat dari jarak antara grafik gradasi kasar terhadap tepi bawah dan jarak grafik sedang terhadap tepi atas yang harus sama, pada suatu garis lurus.
9. Pada garis tersebut, ditarik garis vertikal yang memotong garis diagonal. Kemudian dari titik potong ini ditarik garis horisontal yang memotong garis tepi, sehingga didapat prosentase agregat kasar yang diperlukan.
10. langkah 8 dan 9 diulangi untuk mendapatkan prosentase agregat halus dan bahan pengisi.

Sesudah didapat komposisi dari setiap tipe bagian agregat, dibuat tabel hasil analisa kombinasi agregat, dimana prosentase tiap- tiap bagian yang hendak dipakai diperoleh dari hasil perkalian dengan prosentase lolos untuk masing- masing nomor saringannya. Setelah itu dijumlahkan untuk tiap- tiap nomor saringan kemudian diamati apakah gradasi tersebut telah memenuhi spesifikasi yang diisyaratkan sesuai tipe kombinasi yang akan dibuat.

Hasil pencampuran agregat diusahakan mendekati“ sempurna spec”, apabila melalui diagram diagonal belum baik maka dipakai metode coba- coba(Trial and Error) yakni memastikan terlebih dahulu prosentase dari tiap- tiap agregat(tanpa mengubah persen lolos) setelah itu hasil pencampuran agregat didapat melalui perkalian prosentase dengan persen lolos dari agregat.

Kemudian hasil perkalian tersebut masing- masing dijumlahkan serta diamati apakah hasilnya mendekati angka“ sempurna spec”. Berikutnya dibuat grafik pencampuran agregat serta grafik spesifikasinya, setelah itu dihitung berat tiap- tiap bagian prosentase bagian dikali dengan kapasitas mould.

Berat tiap- tiap bagian kombinasi ini, dibagi- bagi lagi bersumber pada dimensi saringan sesuai dengan prosentase tertahan agregatnya yang hendak dipakai guna pembuatan benda uji coba..



Gambar 2.5 Diagram Diagonal

2.11 Pengujian Marshall

Pemeriksaan karakteristik marshall dimaksudkan dengan tujuan guna memastikan daya tahan atau stabilitas terhadap kelelahan plastis atau flow dari campuran aspal agregat, kelelahan plastis atau flow merupakan kondisi perubahan bentuk suatu kombinasi aspal yang terjadi dampak suatu beban hingga batasan runtuh yang dinyatakan dalam mm ataupun 0.01 inch. dan analisa kepadatan serta pori dari kombinasi padat yang terbentuk. Dalam perihal ini benda uji coba ataupun briket beton aspal padat dibentuk dari gradasi agregat kombinasi tertentu, sesuai spesifikasi kombinasi.

Guna memperoleh kandungan aspal optimum biasanya dibuat 15 buah benda uji coba dengan 5 variasi kandungan aspal yang masing-masing berselisih 0,5%. Saat sebelum dilakukan pengetesan marshall terhadap briket, sehingga dicari dahulu berat jenisnya serta diukur ketebalan serta diameternya di 3 sisi yang berlainan. Melakukan tes Marshall guna memperoleh stabilitas serta kelelahan (flow) benda uji coba mengikuti prosedur SNI 06-2489-1991 AASHTO T245-90. Parameter marshall yang dihitung antara lain: VIM, VMA, VFA, berat volume, serta parameter lain sesuai parameter yang terdapat pada spesifikasi kombinasi. Sesudah seluruh parameter briket dihasilkan, maka digambar grafik hubungan

kandungan aspal dengan parameternya yang setelah itu bisa diditetapkan kandungan aspal optimumnya. Kandungan aspal optimum merupakan angka tengah dari bentang kandungan aspal yang memenuhi marshall test modifikasi.

Metode marshall dikembangkan untuk konsep kombinasi beton aspal bergradasi bagus. Langkah- langkah konsep kombinasi metode marshall adalah:

- a. Mempelajari spesifikasi gradasi agregat campuran yang diinginkan dari spesifikasi campuran.
- b. Merancang proporsi dari masing– masing bagian agregat yang ada guna memperoleh agregat gabungan dengan gradasi sesuai butir 1. Konsep dilakukan bersumber pada gradasi dari masing– masing bagian agregat yang hendak dicampur. Bersumber pada berat jenis masing– masing bagian agregat serta proporsi rancangan diditetapkan berat jenis agregat gabungan.
- c. Memastikan kandungan aspal keseluruhan dalam campuran. Kadar aspal keseluruhan dalam campuran beton aspal merupakan kandungan aspal efektif yang membungkus ataupun menyelimuti butir- butir agregat, memuat pori antar agregat, ditambah dengan kadar aspal yang akan terserap masuk ke dalm pori masing– masing butir agregat. Untuk rancangan campuran dilaboratorium dipergunakan kadar aspal tengah atau sempurna. Kadar aspal tengah ialah angka tengah dari bentang kandungan aspal dalam spesifikasi campuran. Kadar aspal tengah bisa pula ditentukan dengan mempergunakan metode dari Spesifikasi Depkimpraswil 2002 dibawah ini:

$$P = (0,035 \times \% CA) + (0,045 \times \% FA) + (0,18 \times \% FF) + K.. (2.1)$$

Keterangan :

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

FF = persen *filler*

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%.

- d. Membuat benda uji atau briket beton aspal. Terlebih dahulu disiapkan agregat sesuai dengan jumlah benda uji yang akan dibuat. Untuk mendapatkan Kadar Aspal Optimum (KAO) umumnya dibuat 15 buah benda uji dengan 5 variasi kadar aspal masing – masing berbeda 0,5% dimana 2 variasi kurang dari nilai kadar aspal tengah, dan dua lainnya lebih dari nilai kadar aspal tengah. Contoh, jika nilai kadar aspal tengah adalah 6,5%, maka dibuat variasi campuran 5,5% ; 6% ; 6,5% ; 7% ; 7,5%.
- e. 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.
- f. Menghitung parameter *marshall* yaitu VIM, VMA, VFA, Berat volume, dan parameter lain sesuai spesifikasi campuran. Nilai nilai tersebut diisikan ke dalam formulir uji Marshall.
- g. Gambarkan grafik hubungan antara kadar aspal dengan parameter *marshall*.
- h. 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*).

Langkah- langkah menentukan nilai karakteristik *marshall*, dirumuskan sebagai berikut :

1. Stabilitas

Nilai stabilitas benda uji diperoleh dari pembacaan arloji stabilitas pada saat pengujian *marshall*. Hasil tersebut dicocokkan dengan angka kalibrasi

proving ring dengan satuan lbs atau kilogram, dan masih harus dikoreksi dengan faktor koreksi yang dipengaruhi oleh tebal benda uji. Nilai stabilitas sesungguhnya diperoleh dengan rumus:

$$S = p \times q \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan :

S = angka stabilitas sesungguhnya

P = pembacaan arloji stabilitas x kalibrasi alat

q = angka koreksi benda uji

2. *Flow* (Kelelehan)

Syarat nilai *flow* antara 2 - 4 mm. Nilai *flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah retak, sedangkan campuran dengan nilai *flow* tinggi akan menghasilkan lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami perubahan bentuk seperti gelombang.

3. Rongga diantara mineral agregat (VMA)

Rongga diantara mineral agregat adalah banyaknya pori diantara butir-butir agregat di dalam beton aspal padat, dinyatakan dalam persentase. Nilai VIM dalam persen dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$VMA = 100 \times \frac{Gmb \times Ps}{Gsb} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan :

VMA = Rongga diantara mineral agregat, persen volume bulk

Gmb = Berat jenis bulk campuran

Gsb = Berat jenis afektif agregat

Ps = Jumlah agregat, % terhadap total berat campuran

4. Pori-pori antar butir agregat didalam aspal padat yang terisi aspal (VFA)

Nilai ini menunjukkan persentase rongga campuran yang berisi aspal, nilainya akan naik berdasarkan naiknya kadar aspal sampai batas tertentu, yaitu pada saat rongga telah penuh.

Nilai rongga terisi aspal (VFA) dapat ditentukan dengan persamaan :

$$VFA = \frac{100x (VMA-VIM)}{VMA} \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan :

- VFA = Pori antar butir agregat yang terisi aspal % dari VMA
- VMA = Pori antara butir agregat didalam beton aspal padat, % dari volume beton bulk aspal padat
- VIM = Pori dalam beton aspal padat, % dari volume beton *bulk* beton aspal padat.

5. Rongga di dalam campuran (VIM)

VIM merupakan persentase rongga yang terdapat dalam total campuran. Nilai VIM dalam persen dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$VIM = 100 x \frac{Gmm \times Gmb}{Gmm} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan :

- VIM = Rongga di dalam campuran, persen terhadap volume total campuran
- Gmm = Berat jenis maksimum campuran
- Gmb = Berat jenis *bulk* campuran

6. *Marshall Quotient*

Nilai *marshall quotient* disyaratkan 200 kg/mm sampai 350 kg/mm. Nilai karakteristik *marshall* diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$M = S / R \dots\dots\dots (2.6)$$

Keterangan :

- S = Nilai stabilitas
- R = Nilai *flow*
- MQ = Nilai *Marshall Quotient* (kg/mm)



Gambar 2.6 Alat Uji Marshall

2.12 Hipotesis

Hipotesis penelitian selaku jawaban sementara terhadap statment yang diajukan pada rumusan permasalahan penelitian. Jawaban sementara ini masih kurang sempurna, maka butuh pemeriksaan hasil berlandaskan fakta yang dikumpulkan. Terdapat 2 bentuk hipotesis riset ialah:

1. Hipotesis Nihil (H_0)

Yaitu menyatakan tidak adanya perbedaan nilai karakteristik marshall pada campuran ATB (*Asphalt Treated Base*) yang menggunakan bahan tambah serbuk kayu jati.

2. Hipotesis Alternatif (H_a)

Yaitu menyatakan adanya perbedaan nilai karakteristik marshall pada campuran ATB (*Asphalt Treated Base*) yang menggunakan material pengisi serbuk kayu jati.

Pada riset ini digunakan hipotesis alternatif (H_a) sehingga hipotesisnya yakni :

Terdapat pengaruh penambahan serbuk kayu jati terhadap nilai karakteristik. Nilai Stabilitas, Flow, % rongga terisi aspal (VFA), dan *Marshall Quotient* pada campuran ATB (*Asphalt Treated Base*).

Sedangkan hipotesa statistiknya dirumuskan sebagai berikut :

1. $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5 \dots\dots\dots(2.7)$
2. $H_a : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5 \dots\dots\dots(2.8)$

2.12.1 Validasi Data

Validasi data ialah aktivitas yang dilakukan guna mengetes suatu benda uji coba apakah benda yang di tes tersebut telah pas ataupun guna mengumpulkan data. Untuk lebih jelasnya, validasi merupakan aktivitas pengujiannya, sedangkan validitas merupakan hasil dari aktivitas pengetesan terhadap kebenaran dari suatu benda uji coba tersebut. Rumus validasi informasi stabilitas yaitu sebagai berikut :

1. Rata-rata nilai stabilitas :

$$\bar{x} = \frac{\sum .xi}{n} \dots\dots\dots(2.9)$$

n = (jumlah data)

2. Interval kepercayaan :

$$\bar{x} - t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{2}} < \mu < \bar{x} + t_{(n-1; \frac{\alpha}{2})} \cdot \frac{s}{\sqrt{2}} \dots\dots\dots(2.10)$$

3. Varian :

$$S^2 = \frac{\sum (X^1 - X)^2}{n-1} \dots\dots\dots (2.11)$$

4. Simpangan baku :

$$S = \sqrt{S^2} \dots\dots\dots (2.12)$$

α = Tingkat signifikansi

5. Derajat kebebasan :

$$dk = n - 1 \dots\dots\dots (2.13)$$

2.12.2 Analisa Varian

Analisa varian guna melihat apakah ada selisih yang jelas antara angka stabilitas, flow, VIM, VMA, *Marshall Quotient* serta VFA antara kelompok benda uji coba. Kelompok yang dites merupakan kombinasi perkerasan Ashpalt Treated Base(ATB) yang menggunakan aspal optimum dengan variasi limbah serbuk kayu jati sebagai material pengisi.

1. Cara menghitung dengan menggunakan perhitungan matematis:

$$Ry = j^2 / \sum_{i=1}^k ni \dots\dots\dots (2.14)$$

2. Jumlah kwadrat (JK) atau Sum Of Square, untuk rata-rata seluruh data benda uji.

$$Ay = \sum_{i=1}^k (ji^2 / n1) - Ry \dots\dots\dots (2.15)$$

3. Jumlah kwadrat (JK) antar kelompok atau Sum Of Square between groups.

$$\sum y^2 = \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^k yij^2 \dots\dots\dots (2.16)$$

4. Jumlah total JK atau total Sum Of Square

$$Dy = \sum y^2 - Ry - Ay \dots\dots\dots (2.17)$$

5. Jumlah kwadrat dalam kelompok *Sum Of Square groups*.

- a. Df *between groups* = Derajat Kebebasan (dk) antar kelompok.
- b. Df *within groups* = Derajat Kebebasan (dk) antar kelompok.
- c. n = Jumlah kelompok benda uji
- d. KT = *Sum of Square* (JK)/df = kwadrat tengah atau mesin square.
- e. F = *Mean Square* (KT) *between groups* / *Mean Square* (KT) *within groups*.

Untuk perhitungan angka stabilitas, *flow*, VIM, VMA, *Marshall Quotient* serta VFA pada campuran perkerasan *Ashpalt Treated Base* (ATB) dengan variasi limbah serbuk kayu jati digunakan Tabel 2.9 (Sudjana,1996 : 305) sebagai berikut:

Tabel 2.9 Tabel ANOVA Untuk Perhitungan Analisa Varian

Sumber Variasi	Derajat Kebebasan (DK)	Jumlah Kwadrat (JK)	Kwadrat Tengah (KT)	Fhitung
Rata-rata	1	RY	R=RY/1	A/D
Antar Kelompok	k-1	AY	A=AY/(K-1)	
Dalam Kelompok	$\sum^{(ni - 1)}$	DY	D=DY/ $\sum^{(ni - 1)}$	
Jumlah	\sum^{ni}	$\sum Y^2$		

2.12.3 Analisa Regresi

Apabila terdapat data yang terdiri atas 2 ataupun lebih variabel, maka akan dicari metode bagaimana variabel- variabel itu berkaitan. Hubungan yang diperoleh pada umumnya diklaim dalam bentuk persamaan matematika yang menyatakan hubungan fungsional antar variabel. Pada penelitian ini guna menganalisa variasi limbah serbuk kayu jati terhadap angka stabilitas, flow, VIM, VMA, *Marshall Quotient* serta VFA pada kombinasi perkerasan *Ashpalt Treated Base* (ATB) dicoba menggunakan regresi nonlinier bentuk polinomial, dengan bentuk persamaan::

$$\hat{Y} = a + bX + cX^2 \dots\dots\dots (2.18)$$

Yang akan dihitung dengan perhitungan matriks sebagai berikut :

$$\begin{aligned} 1) \quad \hat{Y} &= a + bX + cX^2 \dots\dots\dots (2.19) \\ \Sigma Y &= na + b\Sigma X + c\Sigma X^2 \\ \Sigma X.Y &= a\Sigma X + b\Sigma X^2 + c\Sigma X^3 \\ \Sigma X^2.Y &= a\Sigma X^2 + b\Sigma X^3 + c\Sigma X^4 \end{aligned}$$

Atau dengan perhitungan persamaan matriks

$$2) \quad \begin{bmatrix} n & \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 \\ \sum_{i=1}^n x_i & \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 & \sum_{i=1}^n x_i^3 & \sum_{i=1}^n x_i^4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^n y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i y_i \\ \sum_{i=1}^n x_i^2 y_i \end{bmatrix} \dots\dots\dots (2.20)$$

Atau disingkat :

$$AX = B$$

Nilai a,b dan c dihitung dengan persamaan :

$$X = A^{-1}.B$$

Dimana :

A^{-1} = invers dari matriks A