

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Aspal

Telah kita ketahui bahwa aspal adalah bahan yang sangat penting dalam pekerjaan perkerasan lentur. Oleh karena itu pengetahuan tentang bagaimana mengolah aspal agar mencapai fungsinya dengan maksimal dan dengan kualitas baik sangat diperlukan oleh para praktisi jalan. Aspal merupakan material berwarna hitam kecoklatan, pada temperatur-temperatur tertentu bisa berbentuk padat hingga agak padat. Jika dipanaskan sampai suhu atau temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak/cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan pada perkerasan atau pelaburan. Jika suhu temperatur mulai turun, aspal akan berubah mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya. Aspal merupakan salah satu komponen kecil, yang pada umumnya hanya 4-10% berdasarkan berat, 10–15% berdasarkan volume. Dan jika pada lapisan perkerasan dengan menggunakan aspal sebagai pengikat dengan mutu yang baik dapat memberikan lapisan kedap air dan tahan terhadap pengaruh cuaca dan reaksi kimia lain (Ormuz firdaus, rudy kurniawan 2014).

2.1.1 Jenis-Jenis Aspal

a. Aspal Minyak

Aspal minyak adalah bahan sisa yang dianggap sudah tidak lagi bisa diproses ulang secara ekonomi dari proses destilasi minyak bumi di pabrik kilang minyak. Dan bahan tersebut kita kenal dalam tiga kelas Penetrasi yaitu pen 40/50, pen

80/70 dan pen 80/100. Semakin rendah angka penetrasi maka akan semakin keras wujud aspal, semakin susah cara penanganannya karena diperlukan suhu lebih tinggi agar aspal menjadi lunak atau mencair. Sebaliknya semakin tinggi angka penetrasi maka aspal akan mudah encer, mudah dikerjakan, tetapi terancam sulit untuk mencapai kestabilan campuran aspal, terutama pada suhu maupun iklim panas seperti di Indonesia, karena aspal cenderung melunak pada suhu udara tinggi.

Untuk pengerjaan aspal sendiri pada umumnya memerlukan pemanasan pada suhu sekitar 110° - 170°C supaya aspal menjadi encer sehingga mudah untuk dipompa, dipindahkan dan dicampur dengan agregat lain ataupun dipadatkan. Kalau aspal dipanaskan berkali-kali dalam waktu yang cukup lama, maka banyak minyak aromatik yang menguap sehingga aspal mengeras, itu artinya angka penetrasinya menurun. Aspal dengan penetrasi rendah akan gampang kena oksidasi sehingga menjadi getas dan mudah retak dikarenakan kehilangan daya lengketnya, akibatnya lapis aspal akan terburai atau lepas butir. Karena itu di Indonesia ditetapkan bahwa angka terendah untuk penetrasi bahan aspal adalah 50 (Spesifikasi Bina Marga Sejak Tahun 2003).

b. Aspal Emulsi

Aspal Emulsi adalah campuran aspal dengan air (60-70%) dalam bentuk emulsi, sehingga molekul-molekul aspal dapat melayang didalam air. Hal ini dimungkinkan karena adanya bahan tambah bersifat katalis. Pencampuran aspal dengan air dan katalis tadi dilewatkan mesin colloidmill. Saat aspal emulsi disimpan lama sekitar 3bulan maka emulsi bisa terlepas dan aspal mengendap ke dasar kontainer/ drum. Agar ikatan emulsi terbentuk lagi, cukup digoyang goyang

atau digelinding-gelindingkan. Penggunaan aspal emulsi yang paling baik adalah sudah digunakan sebelum terlepas ikatan emulsinya.

Penggunaan Aspal emulsi biasanya pada hal-hal sebagai berikut :

- untuk lapis beton aspal campuran dingin misalnya pada daerah yang belum punya amp tetapi ingin kualitas jalanya setara dengan aspal beton pada lokasi yang tidak boleh ada api terbuka misalnya wilayah pengeboran minyak, maupun kompleks bahan bakar.
- Untuk lapis Tack coat, Prime coat atau campuran untuk bahan (tambal siap pakai). Sebagai gambaran kami lampirkan tabel dibawah ini sebagai patokan dan takaran penggunaan Aspal cair dan aspal Emulsi sebagai Lapis Perekat (Spesifikasi Umum Ditjen Bina Marga tahun 2006)

Tabel 2.1 Takaran Pemakaian Lapis Perekat

Jenis Aspal	Takaran (liter per meter persegi) pada	
	Permukaan Baru atau Aspal Lama Yang Licin	Permukaan Porous dan Terekpos Cuaca
Aspal Cair	0,15	0,15 - 0,35
Aspal Emulsi	0,20	0,20 - 0,50
Aspal Emulsi yang diencerkan (1:1)	0,40	0,40 - 1,00

Sumber: (Spesifikasi Umum Ditjen Bina Marga Tahun 2006)

Pada Tahun 1993 pernah di uji coba pemakaian aspal emulsi untuk beton aspal campuran dingin dengan ketebalan 0,8 cm yang menggunakan mesin penggetar khusus (teknologi dari Spanyol), disebut teknologi lapis tipis Macroseal

(secara generik disebut sebagai teknologi slurry seal). Lapis tipis ini dimaksudkan sebagai lapis pelindung untuk menahan air dan meningkatkan kekesatan pada permukaan jalan (misalnya pada permukaan perkerasan kaku yang sudah licin).

c. Aspal Busa (foamed asphalt)

Aspal Busa (foamed asphalt) Adalah aspal panas yang dicampurkan dengan air secara mendadak sehingga aspal berbusa dalam seketika menjadi semacam emulsi yang dapat dimanfaatkan keencerannya untuk membentuk lapis tipis aspal yang menyelimuti agregat. Aspal busa ini dikenal sebagai bagian dari proses Recycling beton aspal yang dilakukan di sebagian ruas permukaan jalan di Pantura.

d. Cutback Asphalt

Cutback Asphalt adalah aspal yang dicairkan dengan cara ditambah dengan pelarut dari keluarga hidrokarbon atau minyak tanah/kerosin, bensin, solar. Untuk Primecoat dan Tackcoat digunakan jenis Rapi Curing (RC), Medium Curing (MC) atau Slow Curing (SC). Saat ini, Aspal Emulsi mulai digunakan sebagai Tackcoat karena aspal Cutback yang dicampur dengan bensin sering menimbulkan efek kebakaran, demikian juga bila menggunakan pelarut kerosene atau solar sering tidak sempat menguap, sehingga ketika dicampuran dengan beton aspal harus digelar di atasnya, aspal beton terkontaminasi pelarut yang mengakibatkan aspal beton menjadi lunak dan pada akhirnya menimbulkan problem perubahan bentuk (deformasi, bleeding, licin).

e. Aspal Modifikasi

Nama lain dari Aspal Modifikasi adalah Polymer Modified Asphalt (PMA) atau Polymer Modified Bitumen (PMB), adalah aspal minyak ditambah

menggunakan bahan tambah (additive) agar meningkat kinerjanya, yaitu aspal yang tahan beban dan tahan lama. Di Indonesia, kesadaran untuk menggunakan aspal modifikasi karena diperlukan hal-hal sebagai berikut;

- Aspal yang lebih tahan panas (menaikkan titik leleh), dapat digunakan aditif berbasis plastomer, elastomer, selulosa, filler atau penambahan asphalten seperti asbuton, gilsonite, Trinidad asphalt, atau aditif khusus dengan sifat beragam yaitu jenis-jenis polimer tertentu. Aspal polimer biasanya merupakan produk hilir dari perusahaan kilang minyak.
- Aspal yang lebih lengket (menaikkan adhesi) supaya agregat tidak mudah terburai, digunakan aditif yang bersifat lengket dan lentur yaitu aditif yang berbasis karet.

f. Aspal Buton (asbuton)

Aspal Buton adalah aspal alam yang terdapat di pulau Buton, berupa batuan yang mengandung aspal (rock asphalt) yang ditemukan sejak tahun 1920, dengan cadangan lebih dari 600 juta ton, terbesar di dunia. Ada dua lokasi tambang di Buton, yaitu di Kabungka dan Lawele. Perbedaan aspal Kabungka dan aspal Lawele adalah sebagai berikut :

Aspal Buton Kabungka, batuan induknya adalah batuan kapur, dan aspalnya meresap kedalam pori-pori batuan sebesar 12-20%, karena itu penambangannya biasanya menggunakan bahan peledak. Batuan dipecah menjadi kecil-kecil sesuai kebutuhan dengan mesin pemecah batu (stone crusher). Aspal alam Kabungka yang dalam bentuk curah kemudian dikirim dengan kapal tongkang dan dump truck ke proyek yang akan memanfaatkannya. Berikutnya proses pengaktifan aspal adalah dengan mencampur aspal curah tersebut dengan modifier (*minyak*

pelarut khusus) tujuan menjemput aspal alam Kabungka dari cangkangnya melalui pemeraman selama 2 – 5hari. Hasil dari pemeraman tersebut adalah maka terjadilah mastik yang siap dicampur dengan agregat menjadi campuran aspal yang siap gelar.

Aspal Buton Lawele, merupakan batuan induknya adalah batuan Silika, dimana aspalnya tidak meresap tetapi menempel di batuan sebanyak 20-35%, sehingga lebih mudah diaktifkan (tidak perlu pemeraman seperti pada proses pengaktifan aspal di aspal Kabungka). Tingkat kesulitan penanganan aspal Buton Lawele justru terletak pada kelengketannya terlalu tinggi dan bergumpal-gumpal sehingga susah untuk ditakar menurut jumlah yang ingin dibutuhkan. (Ormuz firdaus, rudy kurniawan 2014).

2.2 Lapisan Perkerasan Lentur Jalan Raya

Konstruksi jalan di Indonesia ini sebagian besar merupakan konstruksi lapis lentur, dimana lapis permukaan jalan menggunakan bahan ikat aspal. Agar perkerasan jalan lentur mempunyai daya dukung serta keawetan yang memadai guna menahan beban yang bekerja di atasnya, maka perkerasan jalan dibuat berlapis-lapis. Lapisan paling atas disebut lapisan permukaan, dan dibawahnya disebut lapisan pondasi. Konstruksi perkerasan lentur ini terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan diatas tanah dasar yang telah dipadatkan. Lapisan-lapisan tersebut mempunyai fungsi untuk menerima beban lalu lintas dan menyalurkannya kelapisan dibawahnya.

Pada umumnya perkerasan lentur baik di gunakan untuk jalan yang melayani beban lalu litas ringan sedang maupun berat, seperti jalan perokotan, jalan dengan sistem utilitas terletak di bawah perkerasan jalan, perkerasan bahu jalan, atau perkerasan dengan konstroduksi bertahap. Maka dari itu Perkerasan lentur

{*Flexible Pavement*) adalah perkerasan yang pada umumnya menggunakan bahan campuran beraspal sebagai lapis permukaan serta bahan berbutir sebagai lapisan di bawahnya. Sehingga lapisan tersebut mempunyai fleksibilitas/kelenturan yang dapat menciptakan kenyamanan kendaraan dalam melintas di atasnya. Aspal dan agregat ditebar di jalan pada suhu tinggi (sekitar 100°C). Perlu dilakukan kajian yang lebih intensif dalam penerapannya dan harus juga memperhitungkan secara ekonomis, sesuai dengan kondisi setempat, tingkat kebutuhan, kemampuan pelaksanaan dengan syarat teknis lainnya, sehingga konstruksi jalan yang direncanakan itu sangat optimal (Sukirman 1999).

Dengan demikian yang dimaksud perkerasan lentur jalan raya adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikatnya dan lapisan-lapisan perkerasan itu sendiri bersifat memikul dan menyalurkan beban lalu lintas dari atas ke dasar (Sukirman 2003).

2.2.1 Macam-Macam Bahan Lapis Perkerasan Lentur

2.2.1.1 Lapis Pondasi Permukaan

Lapis permukaan (*Wearing Coarse*) adalah lapis yang berada paling atas dari struktur perkerasan jalan;

Lapis pondasi ini berfungsi sebagai berikut;

- Lapis penahan beban *vertikal* dari kendaraan, oleh karena itu lapisan harus memiliki *stabilitas* tinggi selama pelayanan.
- Lapis aus (*Wearing Course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.

- Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan dibawahnya.
- Lapis yang menyebarkan beban ke lapis pondasi.
Lapis permukaan perkerasan lentur menggunakan bahan pengikat aspal, sehingga menghasilkan lapis yang kedap air, berstabilitas tinggi, dan memiliki daya tahan selama masa pelayanan.

2.2.1.2 Lapis Pondasi Atas

Lapis pondasi atas (*Base Course*) adalah lapis perkerasan yang berada diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Lapis pondasi ini berfungsi sebagai berikut;

- Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya tegak atau *vertikal* dari beban kendaraan dan disalurkan ke lapis dibawahnya.
- Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- Sebagai bantalan atau perletakkan lapis permukaan.

Adapun material yang sering digunakan untuk lapis pondasi atas adalah material yang cukup kuat dan awet yang sesuai syarat-syarat teknik dalam spesifikasi pekerjaan.

Syarat-syarat material lapisan pondasi atas adalah;

- Mutu bahan harus sebaik mungkin, dimana tidak mengandung kotoran lumpur, berisi tajam dan kaku.
- Susunan gradasi harus merupakan susunan yang rapat, butiran batuan harus mempunyai susunan gradasi yang saling mengisi antara butiran agregat kasar agregat sedang maupun agregat halus sehingga rongga semakin kecil.

- Material yang digunakan untuk lapisan pondasi atas haruslah awet dan kuat dan mempunyai nilai $CBR \geq 50\%$ dan *Indeks Plastisitas* (IP) $\leq 4\%$.

Lapisan pondasi atas di Indonesia biasanya menggunakan batu pecah kelas A, B atau C, Lapen (*penetrasi Macadam*), atau *stabilitas* agregat dengan semen/aspal.

2.2.1.3 Lapis Pondasi Bawah

Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar.

Lapis pondasi ini berfungsi sebagai berikut;

- Bagian dari struktur perkerasan ini mendukung dan menyalurkan beban kendaraan ke lapis tanah dasar. Lapis ini harus cukup stabil dan mempunyai CBR sama atau lebih besar dari 20%, serta *Indeks Plastis* sama atau lebih kecil dari 10%.
- Lapis peresap, agar air tanah tidak berkumpul di pondasi.
- Lapis pertama, agar pelaksanaan pekerjaan dapat berjalan lancar sehubungan dengan kondisi lapangan yang memaksa harus menutup tanah dasar dari pengaruh cuaca, atau lemahnya daya dukung tanah dasar menahan roda alat berat.
- Lapis *filter* untuk mencegah partikel-partikel halus dari tanah dasar naik ke lapisan pondasi.

2.2.2 Kelebihan Dan Kekurangan Perkerasan Lentur

2.2.2.1 Kelebihan Lapisan Perkerasan Lentur Jalan Raya

Ada beberapa kelebihan antara lain;

- Dapat digunakan untuk semua tingkat volume lalu lintas

- Bila dibebani akan melentur dan jika beban hilang lenturan kembali
- Sesuai untuk konstruksi badan jalan yang belum stabil ataupun sudah stabil.
- Pada umumnya biaya konstruksi tersebut rendah, terutama untuk jalan lokal dengan volume lalu lintas rendah
- Kerusakan tidak merambat ke bagian konstruksi yang lainnya, kecuali jika perkerasan tersebut terendam oleh air (Sukirman 1999).

2.2.2.2 Kekurangan Lapisan Perkerasan Lentur Jalan Raya

Ada beberapa kekurangan yang dimiliki oleh lapisan perkerasan lentur jaalan raya antara lain;

- Kualitas untuk job mix lebih rumit
- Sulit bertahan terhadap kondisi drainase yang kurang baik
- Umur rencana relatif pendek hanya (5-10tahun)
- Indeks pelayanan yang terbaik hanya pada saat selesai pelaksanaan konstruksi tersebut, setelah itu berkurang seiring dengan waktu dan frekuensi beban lalu lintasnya
- Biaya pemeliharaan yang dikeluarkan mencapai kurang lebih dua kali lebih besar dari pada perkerasan kaku
- Kekuatan konstruksi perkerasan lentur ditentukan oleh tebal setiap lapisan dan daya dukung tanah dasar (Sukirman 1999).

2.3 Campuran Aspal Panas (Hot Asphalt Mix)

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler*, dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Indonesia merupakan negara yang sangat kaya akan pulau dan memiliki ke

Anekaragaman material serta sumber daya lainnya, sehingga memungkinkan kita untuk memiliki banyak jenis perkerasan yang semuanya tentu saja memiliki keuntungan dan kerugian.

Di Indonesia jenis-jenis campuran aspal panas yang umum digunakan antara lain : *Aspal Beton*, *Hot Rolled Sheet (HRS)*, dan *Stone Mastic Asphalt (SMA)*. Banyak dilakukan percobaan-percobaan dengan menambahkan bahan tambahan untuk meningkatkan mutu serta kualitas perkerasan (Bambang Irianto 1988 dan Sukirman 1999).

2.3.1 Tipe Campuran Aspal Panas (Hot Mix)

Campuran aspal panas adalah suatu campuran perkerasan jalan lentur yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus filler dan bahan pengikat aspal dengan perbandingan-perbandingan tertentu dan dicampurkan dalam kondisi panas. Di Indonesia jenis campuran aspal panas yang umum digunakan antara lain;

a. Lapis Aspal Beton

Lapis Aspal Beton (Laston) merupakan suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari agregat kasar, agregat halus, *filler* dan aspal keras, yang dicampur, dihampar dan dipadatkan dalam keadaan panas dalam suhu tertentu. Laston menggunakan agregat kasar berupa agregat pecah, dimana berdasarkan bentuknya dapat dikelompokkan atas : bentuk bulat, kubus, lonjong, pipih dan tak beraturan. Bentuk agregat lonjong kurang baik jika dipergunakan berlebihan karena mudah pecah. Oleh karena itu, ASTM D-4791-95 membatasi indeks lonjong (*elongated index*) dalam campuran Laston maksimum sebesar 10% terhadap agregat kasar.

b. Lapis *Hot Rolled Asphalt*

Lapis *Hot Rolled Asphalt* (HRA) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan-perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas dengan suhu tertentu. *Hot Rolled Asphalt* mempunyai rongga dalam campuran yang cukup besar dan mampu menyerap aspal cukup tinggi yaitu 6% sampai 13% tanpa terjadi *bleeding*, sehingga lapis keras tersebut mempunyai *durabilitas* dan *fleksibilitas* yang tinggi (Imtihan 2004).

Campuran *Hot Rolled Asphalt* (HRA) mengacu pada persyaratan yang dikeluarkan oleh Direktorat Jendral Bina Marga pada Divisi-6 tahun 2010 tentang campuran beraspal panas yaitu tes *Marshall*.

Tabel 2.2 Persyaratan Kualitas Campuran

No	Jenis Pemeriksaan	Satuan	Syarat
1	Kepadatan/ <i>density</i>	gr/cc	(-)
2	<i>Stabilitas</i>	Kg	Min.800
3	Kelelehan(<i>flow</i>)	Mm	Min. 3
4	Marshall Quotient	kg/m	Min. 250
5	VITM (persentase rongga terhadap campuran)	%	Min.4 Maks. 6
6	VFWA (rongga terisi aspal)	%	Min. 68

Sumber:Spesifikasi umum Divisi-6 perkerasan aspal, BinaMarga,(2010).

b. Lapis *Stone Matrix Asphalt*

Lapis *Stone matrix asphalt* (SMA) merupakan jenis campuran aspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan dengan beberapa kareteristik lapis yang dapat memberikan beberapa keuntungan bagi pengendara karena mempunyai ketahanan gelincir (*skid sesistante*) yang cukup tinggi. disamping itu,

campuran SMA mempunyai gradasi agregat hampir seragam sehingga memiliki ketahanan terhadap deformasi (*rutting*) maka lebih tepat dilewati kendaraan berat

Dengan demikian *stone matrix asphalt*(SMA) merupakan jenis campuran aspal panas yang dapat digunakan sebagai lapis permukaan dengan beberapa karakteristik lapisan yang dapat memberikan beberapa keuntungan bagi pengendara karena mempunyai ketahanan gelincir (*skid resistant*) yang cukup tinggi (N, Suaryana. 2012).

Kelebihan SMA secara umum adalah seperti berikut;

- Umur pelayanan yang tinggi.
- Ketahanan yang tinggi terhadap deformasi sebagai akibat dari kandungan agregat kasar yang besar dan membentuk rangka agregat yang kuat.
- Ketahanan terhadap retak lelah yang baik karena kadar aspal yang sangat tinggi.
- Makro tekstur yang baik dan mengurangi cipratan air akibat kendaraan pada saat permukaan basah.
- Mengurangi kebisingan

Kekurangan SMA secara umum adalah seperti berikut;

- Biaya yang relatif lebih mahal dibanding campuran aspal konvensional, sekitar 10 – 20 % sebagai akibat dari penggunaan kadar aspal yang tinggi dan penambahan bahan penstabil.
- Resiko munculnya spot–spot aspal pada permukaan sebagai akibat kesalahan atau variasi selama produksi dan pelaksanaan.

2.3.2 Unsur Penyempurnaan Campuran Aspal Panas

Adanya lapisan padat serta awet pada beberapa lapisan beraspal dikarenakan aspal tersebut memiliki susunan agregat yang terdiri dari agregat

kasar, agregat halus, bahan pengisi (*filler*) dan bahan ikat aspal yang telah dicampur di pusat instalasi pencampuran, serta dihampar dan dipadatkan diatas pondasi atau permukaan jalan yang telah disiapkan, oleh karena itu semua jenis penyampuran itu harus sesuai spesifikasi yang ada.

a. Aspal Bitumen

Defenisi dari aspal atau bitumen adalah material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat sampai sedikit padat, apabila dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak atau mencair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan/ penyiraman pada perkerasan atau pelaburan.(Bina Marga, 2010).

Selain itu aspal pada lapis perkerasan juga berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk mengikat dan membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat lainnya (Krebs, R. D. And R. D .Walker, 1971).

Aspal yang sering digunakan sebagai material pekerjaan perkerasan jalan raya karena fungsinya sebagai;

- a. Sebagai bahan pengikat, memberikan ikatan yang kuat antara aspal, agregat dan antara sesama aspal
- b. Sebagai bahan pengisi, karena dapat mengisi rongga antar butir agregat dan pori-pori yang ada di dalam butir agregat itu sendiri. (Sukirman 1999).

Aspal yang digunakan dalam campuran aspal Laston (AC-WC) adalah aspal keras / *asphalt cement* penetrasi 60/70 yang telah memenuhi persyaratan. Kadar aspal yang terdapat pada campuran Laston merupakan perbandingan antara persentase berat aspal terhadap berat total campuran agregat, yang mana besaran

persentase tersebut akan ditentukan dari hasil perhitungan pada benda uji pemeriksaan kadar aspal optimum (KAO). Kadar aspal yang semakin tinggi akan mempengaruhi kemampuan aspal untuk saling mengikat antar agregat dan mengurangi kadar rongga dalam bahan campuran, tetapi apabila kadar aspal terlalu tinggi maka akan terjadi *bleeding* dimana material campuran lapisan perkerasan yang beraspal akan terpompa keluar atau terlepas akibat beban lalu lintas (Sukirman 2003).

Ada 4 jenis campuran asbuton (campuran aspal bitumen dengan bahan material lain) yaitu;

- ACAS (*Aggregated Cold Asbuton Sheet*) yang didapatkan dengan penambahan agregat kerikil dan pasir kepada bahan asbuton. Acas juga dikenal sebagai LASBUTAG atau Lapisan Asbuton Agregat.
- NACAS (*Non Aggregated Cold Asbuton Sheet*) yang dikenal dengan LATASBUM (Lapisan Atas Aspal Buton Murni) yaitu campuran perkerasan yang dimana bahan agregatnya semuanya berasal dari batuan asli asbuton. Pada pemakaiannya nanti, NACAS akan dicampur dengan pemanasan.
- NAHAS (*Non Aggregated Hot Asbuton Sheet*) yang merupakan campuran yang dimana bahan dasarnya sebagian besar dari asbuton dan pencampuran dilakukan dengan pemanasan.
- AHAS (*Aggregated Hot Asbuton Sheet*) hal ini seperti acas, hanya pencampuran dilakukan dengan penambahan suhu panas.

b. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah salah satu material yang digunakan untuk pembuatan lapis pondasi pada struktur perkerasan jalan. Agregat kasar terdiri dari agregat kelas A dan agregat kelas B. Kelas ini menunjukkan kualitas serta besar butiran dari agregat tersebut dan juga kelas agregat menentukan pemakaian material pada lapis perkerasan jalan. Agregat adalah sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, pasir, atau mineral lainnya baik berupa hasil alam maupun buatan. Dan juga disebut Agregat komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90-95% agregat berdasarkan presentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan presentase volume.

Tabel 2.3 Persyaratan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Standar Pasis	SNI 03-4428-1997	Min. 60 %
Material lolos Ayakan No.200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1%
Angularitas	SNI 03-6877-2002	Min. 45%
Batas Cair (Liquid Limit,LL)	SNI 1967:2008	Maks. 25
Indeks Plastis (Plastic Index, PI)	SNI 1966:2008	NP

Sumber :SNI Spesifikasi Stone Matrix Asphalt (SMA) 2015

c. Agregat Halus

Agregat halus merupakan agregat yang lolos saringan No.8 atau 2,38 mm. Dan juga agregat halus adalah agregat dengan mempunyai ukuran butir lebih halus dari saringan No.4 (4,75mm). Agregat halus harus terdiri dari pasir alam atau pasir buatan atau gabungan daripada bahan-bahan tersebut. Agregat halus harus bersih, kering, kuat, bebas dari gumpalan lempung dan bahan-bahan lain yang mengganggu. Serta terdiri dari butiran yang bersudut tajam yang mempunyai permukaan kasar, agregat halus yang berasal dari batu kapur pecah

hanya boleh dipakai apabila dicampur dengan pasir alam dan dengan perbandingan yang sama kecilnya terkecuali apabila sudah pengalaman yang telah menunjukkan bukti bahwa bahan tersebut tidak licin untuk jalan raya menurut Bina Marga. Agregat halus dapat berupa pasir batu pecah atau kombinasi dari keduanya SNI 03-1737-1989.

Agregat halus mempunyai fungsi sebagai berikut;

- Menambah stabilitas dari campuran dengan memperkokoh sifat yaitu saling mengunci agregat kasar untuk mengurangi rongga pada agregat kasar.
- Semakin kasar tekstur permukaan pada agregat lembut maka akan menambah stabilitas campuran dan akan menambah kekerasan pada permukaan.
- Agregat halus pada ayakan no.30 hingga ayakan no.200 penting untuk menaikkan kadar aspal yang akibatnya campuran akan lebih awet (Darta Suhendra 2013).

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

No.	Pengujian	Standar	nilai
1.	Nilai setara pasir	SNI 03-4428-1997	Min 60%
2.	Angularitas dengan uji kadar rongga	SNI 03-6877-2002	Min 45%
3.	Agregat lolos ayakan no.200	SNI ASTM C117-2012	Maks 10%
4.	Kadar lumpung	SNI 03-4141-1996	Maks 1%

Sumber : Spesifikasi Umum Bina Marga Edisi 2010

d. Bahan Tambah (atmixture)

Seiring dengan perkembangan zaman , banyak dilakukan penelitian dan juga percobaan dalam campuran aspal panas dengan menambahkan bahan tambahan

tertentu untuk meningkatkan mutu perkerasan. Studi kepustakaan tentang penambahan bahan akan memberikan pengaruh terhadap karakteristik masing–masing jenis campuran aspal panas. Hasil dari studi ini menunjukkan bahwa setiap bahan tambahan memberikan nilai hasil yang berbeda – beda terhadap nilai stabilitas *marshall*.

Pada penelitian kali ini, penulis akan mencoba menggunakan bahan pengganti agregat kasar dengan menggunakan limbah timah (tin slag) yang diharapkan mampu menambah daya tahan lapis perkerasan aspal terhadap kerusakan yang disebabkan oleh cuaca dan beban lalu lintas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa besar pengaruh kekuatan campuran aspal dengan menggunakan bahan tambah (*admixture*) limbah timah (tin slag). Dengan hasil penelitian ini, diharapkan penambahan campuran limbah timah (tin slag) dapat mempengaruhi karakteristik aspal apabila ditinjau dari nilai-nilai stabilitas.

e. Standart Klasifikasi Bahan (additive)

Adapun presentase yang ditambahkan dalam pembuatan campuran Laston Tipe VI harus ditentukan berdasarkan pengujian di laboratorium, karena penambahan bahan *additive* yang berlebihan dapat memberikan pengaruh yang tidak bagus /negatif. Pada penelitian ini, peneliti mencoba untuk menambahkan limbah timah (tin slag) dengan variasi campuran 50%, 100% dari total berat aspal.

2.4 Rumus Campuran Pekerjaan (job mix formula)

Untuk keperluan perencanaan campuran aspal panas di laboratorium diperlukan contoh agregat yang cukup untuk pengujian. Mutu agregat harus baik sehingga kalau dicampur dengan aspal dan kemudian dipadatkan dapat menghasilkan mutu campuran yang baik. Persyaratan agregat tergantung dari jenis

campuran yang diinginkan. Dalam penelitian menggunakan SNI8129:2015 tentang Spesifikasi *Stone Matrix Asphalt* (SMA).

Job Mix Formula (JMF) merupakan hasil dari rancangan campuran yang dilakukan di laboratorium, dikoreksi atas hasil pekerjaan di instalasi pencampuran, percobaan penghamparan dan pemadatan (Sukirman 2003).

2.4.1 Marshall Properties

Rancangan campuran berdasarkan metode *Marshall* ditemukan oleh Bruce Marshall, telah distandarisasi oleh ASTM ataupun AASHTO melalui beberapa modifikasi, yaitu ASTM D 1559-76, atau AASHTO T-245-90. Prinsip dasar metode *Marshall* adalah pemeriksaan stabilitas dan kelelahan (*flow*), serta analisis kepadatan dan pori dari campuran padat yang terbentuk secara baik.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) yang berkapasitas 22,2 KN (5000 lbs) dan *flowmeter*. *Proving ring* digunakan untuk mengukur nilai *stabilitas*, dan *flowmeter* untuk mengukur kelelahan plastis atau *flow*. Benda uji *Marshall* berbentuk silinder berdiameter 4 inci (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inci (6,35 cm).

Secara umum pengujian *Marshall* meliputi: persiapan benda uji, penentuan berat jenis *bulk* dari benda uji, pemeriksaan nilai *stabilitas* dan *flow*, dan perhitungan sifat *volumetric* benda uji. Pada persiapan benda uji, Ada beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu;

- Jumlah benda uji yang disiapkan.
- Persiapan agregat yang akan digunakan.
- Penentuan temperatur pencampuran pemadatan.
- Persiapan campuran aspal.

- Pemasangan benda uji.
- Persiapan untuk pengujian *Marshall*.

Pengujian *Marshall* dilakukan untuk mengetahui nilai *stabilitas* serta kelelahan (*flow*), serta analisa kepadatan dan pori-pori dari campuran padat yang terbentuk. Dalam hal ini benda uji atau briket aspal padat dibentuk dari gradasi agregat campuran yang sesuai dengan spesifikasi campuran.

2.4.1.1 Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan pekerjaan jalan adalah kemampuan lapisan perkerasan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur maupun bleeding. Kebutuhan akan stabilitas setingkat dengan jumlah lalu lintas dan beban kendaraan yang akan memakai jalan tersebut. Jalan dengan volume lalu lintas tinggi sebagian besar merupakan kendaraan berat menuntut stabilitas yang lebih besar dibandingkan dengan jalan dengan volume lalu lintas yang hanya terdiri dari kendaraan penumpang. Kestabilan yang terlalu tinggi menyebabkan lapisan itu menjadi kaku dan cepat mengalami keretakan, disamping itu karena volume antar agregat yang kurang, mengakibatkan kadar aspal yang dibutuhkan rendah. Hal ini menghasilkan film aspal tipis dan mengakibatkan ikatan aspal mudah terlepas sehingga durabilitasnya rendah. Stabilitas terjadi dari hasil geseran antar butir, penguncian antara partikel dan daya ikat lain yang baik dari lapisan aspal (Sukirman 1999).

Dalam *Principles of Construction of Hot Mix Asphalt pavement*, mengatakan bahwa nilai stabilitas yang tinggi akan menghasilkan perkerasan yang kaku, oleh karena itu kurang tahan lama dari masa pelayanan yang diharapkan. Untuk mencegah deformasi perkerasan akibat beban lalu lintas, stabilitas dari

campuran bergantung pada gesekan dalam dari butiran agregat dan adanya kohesi dari aspal. Kohesi adalah hasil dari kemampuan ikatan aspal, dimana semakin banyak bentuk siku-siku dari butiran agregat dan makin kasar *texture* permukaan, semakin tinggi stabilitas dari campuran yang dihasilkan. (The Asphalt Institute 1983).

Dengan demikian stabilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memperhatikan;

- Agregat dengan gradasi yang rapat (*dense graded*).
- Agregat dengan permukaan yang kasar.
- Agregat yang berbentuk kubus.
- Aspal dengan jumlah yang mencukupi untuk ikatan antar butir.

2.4.1.2 Keawetan / Ketahanan (*Durability*)

Durabilitas atau keawetan, Durabilitas diperlukan pada lapisan permukaan sehingga lapisan dapat mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim baik air, perubahan suhu ataupun keausan akibat gesekan kendaraan (Sukirman 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi durabilitas lapis aspal adalah :

- Film aspal atau selimut aspal, film aspal yang tebal dapat menghasilkan lapis aspal yang berdurabilitas tinggi, tetapi kemungkinan terjadinya bleeding menjadi tinggi.
- VIM kecil sehingga lapis kedap air dan udara tidak masuk kedalam campuran yang menyebabkan terjadinya oksidasi dan aspal menjadi mudah rapuh.

- VMA besar, sehingga film aspal dapat dibuat tebal. Jika VMA dan VIM kecil serta kadar aspal tinggi kemungkinan terjadinya bleeding besar. Untuk mencapai VMA yang besar ini dipergunakan agregat bergradasi senjang.

2.4.1.3 Kelenturan (*flexibility*)

Fleksibilitas pada lapisan perkerasan adalah kemampuan lapisan untuk dapat mengikuti deformasi yang terjadi akibat beban lalu lintas berulang tanpa timbulnya keretakan maupun perubahan volume (Sukirman 1999).

Dengan demikian fleksibilitas yang tinggi dapat diperoleh dengan memperhatikan;

- Penggunaan agregat bergradasi senjang sehingga diperoleh VMA yang besar.
- Penggunaan aspal lunak (aspal dengan penetrasi yang tinggi) .
- Penggunaan aspal yang cukup banyak sehingga diperoleh VIM yang kecil.

2.4.1.4 Kekesatan (*Skid Resistance*)

Kekesatan tahanan geser adalah kekesatan yang diberikan oleh perkerasan sehingga kendaraan tidak mengalami slip baik di waktu hujan atau basah ataupun diwaktu kering. Kekesatan dinyatakan dengan koefisien geser antar permukaan jalan dan ban kendaraan, Tahanan geser tinggi jika (Sukirman 1999).

Dengan demikian kekesatan yang tinggi dapat diperoleh dengan memperhatikan;

- Penggunaan kadar aspal yang tepat sehingga tak terjadi bleeding.
- Penggunaan agregat dengan permukaan kasar.
- Penggunaan agregat berbentuk kubus.
- Penggunaan agregat kasar yang cukup.

2.4.1.5 Ketahanan Kelelahan Plastis (*Flow*)

Ketahanan kelelahan Plastis adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*rutting*) dan retak (Sukirman 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi ketahanan terhadap adalah :

- VIM yang tinggi dan kadar aspal yang rendah akan mengakibatkan kelelahan yang lebihcepat.
- VMA yang tinggi dan kadar aspal yang tinggi dapat mengakibatkan lapis perkerasan menjadi fleksibel.

Nilai *Flow* yang rendah akan mengakibatkan campuran akan menjadi kaku sehingga lapis perkerasan menjadi mudah mengalami keretakan, sedangkan campuran dengan nilai *Flow* tinggi akan menghasilkan daya lapis perkerasan yang plastis sehingga perkerasan akan mudah mengalami berbagai perubahan bentuk seperti gelombang (*washboarding*) dan alur (*rutting*).

2.4.1.6 Kedap Air (*Water Resistance*)

Kedap air adalah kemampuan aspal untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara, air dan udara dapat mengakibatkan percepatan proses penuaan aspal dan pengelupasan selimut aspal dari agregat-agregat lainnya. Kedap air yang dimaksud kekedapan campuran beraspal terhadap masuknya air dan udara . Hal ini diperlukan untuk mencegah lolosnya air dan kontak aspal langsung dengan udara..

2.4.1.7 Kemudahan Pelaksanaan (*Workability*)

kemudahan pelaksanaan adalah mudahnya suatu campuran untuk dihampar dan dipadatkan sehingga diperoleh hasil yang memenuhi kepadatan yang diharapkan (Sukirman 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi kemudahan pelaksanaan adalah :

- Gradasi agregat, agregat bergradasi baik lebih mudah dilaksanakan dari pada agregat bergradasi lain.
- Temperatur campuran, yang ikut mempengaruhi kekerasan bahan pengikat yang bersifat termoplastis.
- Kandungan bahan pengisi yang tinggi menyebabkan pelaksanaan lebih sukar.

2.5 Limbah Timah (*Tin Slag*)

Limbah Timah (tin slag) atau Terak Timah merupakan sisa dari pengolahan atau peleburan timah dan juga bahan yang banyak tertimbun sehingga cenderung menjadi limbah karena pemanfaatannya masih relatif kecil dan belum maksimal. Mempunyai bentuk yang tajam dan kubikal yang merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah kerikil atau mineral lainnya, untuk itu perlu diadakan penelitian tentang pemanfaatan limbah tersebut sebagai alternatif bahan untuk campuran maupun pengganti agregat kasar pada perkerasan jalan raya, adapun kandungan mineralnya yaitu;

Tabel 2.5 Kandungan Mineral Tailing Limbah Timah

No	Jenis Mineral	Berat (%)
1.	<i>Casiterite</i>	0,27
2.	<i>Pyrit /MARC</i>	0,67
3.	<i>Ilmenite</i>	7,17

4.	<i>Zircon</i>	0,47
5.	<i>Monazite</i>	0,48
6.	<i>Tourmaline</i>	3,74
7.	<i>Siderite</i>	0,14
8.	<i>Limonite</i>	-
9.	<i>Quartz</i>	87,08
Jumlah		100

(Sumber : PPBT PT Timah Muntok)

2.6 Hasil Penelitian Terdahulu

Alternatif Penggunaan Agregat Halus Batu Kapur Mantup Dalam Campuran Aspal Panas AC-WC. M.Deny Irawan Budianto(2018). *Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC)* merupakan lapisan perkerasaan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus dengan tebal biasanya 4 cm. Bahan AC –WC terdiri dari Agregat halus, Agregat kasar, bahan pengisi (*filler*) dan aspal. Bahan – bahan tersebut harus di uji terlebih dahulu untuk mengetahui sifat –sifatnya. Dalam penelitian ini metode yang di gunakan adalah metode marshall :VIM (%), VMA (%), VIMA (%), VFWA (%), Stabilitas (kg), Flow dan Marshall Quotien (%). Adapun penelitian di laksanakan pada Laboratorium Universitas Lamongan. Kesimpulan penelitian ini adalah Penambahan variasi campuran batu kapur halus sebesar 25%, 50%, 75% dari berate gregat halus pada penelitian ini menunjukkan kenaikan nilai stabilitas Marshall (*Marshall Stability*) tertinggi sebesar 33,07% pada campuran75%, 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%.

Alternatif Penggunaan Serat Eceng Gondok Pada Campuran Stone Matrix Asphalt Gradasi) Halus Meningkatkan Stabilitas Campuran Aspal Panas. Teguh Kurniawan(2018). Jalan merupakan salah satu prasarana transportasi yang dibutuhkan untuk kehidupan sehari-hari agar kondisi jalan mempunyai ketahanan sesuai dengan umur rencana. Untuk itu lahirlah teknologi pembangunan jalan yang memiliki nilai struktural. Stone Matrix Asphalt (SMA) adalah salah satu jenis campuran beraspal panas yang digunakan sebagai lapisan permukaan dengan sejumlah karakteristik pelapis yang dapat memberikan keuntungan bagi pengendara karena memiliki ketahanan slip yang tinggi. Pada pencampuran ini menggunakan serat selulosa yang berasal dari eceng gondok untuk mengetahui apakah serat eceng gondok dapat digunakan sebagai campuran aspal panas dan sebagai pengganti serat selulosa yang ada di pasaran. Dalam penelitian ini metode penelitian eksperimental laboratorium digunakan untuk melakukan kegiatan eksperimen untuk menghasilkan hasil pencampuran serat eceng gondok dengan Marshall Properties. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan hasil yang diperoleh pada taraf optimum dalam spesifikasi SNI Spesifikasi Aspal Matriks Batu (SMA) 2015, dengan penambahan variasi serat eceng gondok sebesar 1%, 2%, 3%, 4%, 5% diambil dari kadar aspal. Hasil akhir dari penelitian ini adalah evaluasi Marshall dimana Stabilitas adalah 55830,18 kg pada kadar serat eceng gondok 3%, VIM 17,09% pada kadar serat eceng gondok 5%, VMA

172,40% pada kadar serat eceng gondok 5%, VFWA 2100,28% pada 0% kadar serat eceng gondok, aliran 2,23 mm pada kadar serat eceng gondok 4,9%, Marshall Quotient 25984,39 kg / mm pada kadar serat eceng gondok 3%. Hasil ini menunjukkan bahwa serat eceng gondok tidak dapat digunakan dalam campuran Spesifikasi Aspal Batu (SMA) SNI 2015.

Analisa Kelayakan Limbah Keramik Sebagai Pengganti Agregat Halus Untuk Campuran Aspal Beton Ditinjau Dari Nilai Stabilitas Marshall. Swasti Arlingtyas (2016). Aspal beton merupakan campuran merata antara agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Untuk mengeringkan agregat dan mendapatkan tingkat kecairan yang cukup dari aspal sehingga diperoleh kemudahan untuk mencampurnya, maka kedua material harus dipanaskan dulu sebelum dicampur. Limbah keramik dapat dipertimbangkan sebagai agregat alternatif dalam campuran aspal beton. Limbah keramik akan dihaluskan hingga memenuhi standar diameter butir agregat halus. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kelayakan limbah keramik sebagai pengganti agregat halus ditinjau dari nilai stabilitas Marshall pada campuran aspal beton. Penelitian menggunakan metode pengujian Marshall. Pengujian Marshall dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelahan plastis (flow) dari campuran aspal dan agregat. Campuran aspal beton menggunakan variasi agregat halus pasir (100%), agregat halus limbah pecahan keramik (100%) dan agregat halus pasir (50%) dicampur dengan limbah pecahan keramik (50%). Campuran aspal beton yang menghasilkan nilai stabilitas Marshall terbaik adalah campuran dengan variasi agregat halus pasir (50%) dicampur dengan limbah pecahan keramik (50%), yaitu dengan rata-rata 824.63 kg. Sedangkan campuran aspal beton yang menghasilkan nilai

stabilitas Marshall paling rendah adalah campuran dengan variasi agregat halus limbah pecahan keramik (100%), yaitu dengan rata-rata 792.38 kg. Campuran aspal beton dengan variasi agregat halus pasir (100%) menghasilkan nilai rata-rata stabilitas Marshall 805.97 kg.

Analisis Marshall Properties Asphalt Concrete Dan Hot Rolled Sheet Menggunakan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar. Budi Utomo (2017). Tingginya kebutuhan akan pelayanan transportasi darat, maka tuntutan kebutuhan akan prasarana dari transportasi darat juga semakin tinggi pula. Salah satu material yang dipakai adalah agregat kasar. Hal ini dapat mengakibatkan kerusakan ekosistem dalam jangka waktu yang dekat. Untuk mengurangi penggunaan *fresh aggregate* maka digunakan daur ulang menggunakan limbah beton. Perkerasan lentur adalah salah satu perkerasan yang banyak digunakan di Indonesia, untuk jenis campurannya diantaranya *Asphalt Concrete* (AC) dan *Hot Rolled Sheet* (HRS). Pengujian kinerja beton aspal dapat dilakukan melalui pengujian *Marshall*. Pengujian *Marshall* bertujuan untuk mengetahui ketahanan (*stabilitas*) dan *flow* (kelelehan) dari campuran beton aspal. Penelitian ini dilakukan untuk menganalisis *Marshall properties* jenis campuran AC-WC dan HRS-WC menggunakan *fresh aggregate* sebagai agregat kasar dan menggunakan limbah beton sebagai pengganti sebagian agregat kasar. Penentuan gradasi gabungan dan ketentuan *Marshall properties* mengacu pada spesifikasi Bina Marga Revisi 3 (2010). Pada tahap awal dilakukan pengujian karakteristik aspal, *fresh aggregate* dan limbah beton, selanjutnya menentukan kadar aspal optimum masing-masing variasi limbah beton. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian *properties Marshall* variasi limbah beton 0%, 20% dan 40% menggunakan kadar

aspal optimum masing-masing variasi limbah beton. Berdasarkan hasil penelitian *Marshall properties* campuran AC-WC dan HRS-WC untuk semua variasi 0%, 20% dan 40%, didapatkan nilai Stabilitas, *Marshall Quotient* dan VFWA cenderung menurun seiring penambahan variasi limbah beton, sedangkan *Flow*, VIM, dan VMA mengalami kenaikan seiring penambahan variasi limbah beton tiap masing-masing campuran. Dari hasil analisis *Marshall properties* campuran AC-WC dan HRS-WC diketahui bahwa campuran menggunakan *fresh aggregate* mempunyai *Marshall properties* yang lebih baik dari pada dengan campuran dengan menggunakan limbah beton.

Pemanfaatan Sedimen Transport Abu Vulkanis (Gunung Soputan) Sebagai Bahan Substitusi Pada Abu Bata Dalam Campuran Aspal Hrs-Ws Gradasi Semi Senjang. Charlie Velentino Tombeng (2019). Sediment Transport abu Vulkanik dalam penelitian ini berasal dari sungai kaki gunung Soputan di desa Silian. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui pengaruh penggantian sediment transport abu vulkanik gunung soputan terhadap abu batu dengan menggunakan campuran HRS-WC gradasi semi senjang terhadap nilai karakteristik Marshall dan apakah memenuhi syarat Spesifikasi teknik 2010 revisi 3 devisi 6. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dilakukan di laboratorium dengan variasi kadar aspal 5%, 6%, 7%, 8%, dan 9% serta kadar abu Soputan 0%, 50%, dan 100% terhadap abu batu pada setiap variasi kadar aspal. Sampel yang di gunakan berjumlah masing-masing 3 buah. Sebelum pembuatan benda uji, sediment transport abu Soputan harus di saring terlebih dahulu dan lolos saringan no. 4. Pengujian yang di gunakan mendapatkan hubungan nilai karakteristik Marshall dengan variasi kadar Abu Soputan.

Penelitian Campuran Aspal Beton Dengan Menggunakan Filler Bunga Pinus. April Gunarto, Agata Iwan Candra (2019). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui campuran Bunga Pinus dengan metode Marshall, dan untuk mengetahui kandungan aspal optimum yang dihasilkan pada campuran aspal beton dengan pengisi Bunga Pinus ditinjau dari cadangan Marshall, aliran, VIM (void dalam campuran), VMA (Void. Dalam Mineral) Agregat), VFB (Void Filled Bitumen), dan Marshall quotient (MQ). Metode pencampuran aspal beton pada penelitian ini menggunakan aspal minyak AC 60/70. Penelitian ini terdiri dari 5 sampel yang masing-masing menggunakan kadar aspal yang berbeda yaitu: 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, 7%. Dengan masing-masing sampel terdiri dari 3 varian spesimen sampel. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknis universitas. Tahapan penelitian meliputi agregat kasar dari batuan padat yang ditahan oleh filter no. 8 (2.36mm), agregat halus dengan pasir sungai brantas melewati no. 8 (2.36mm), dan pengisi menggunakan abu pinus dengan melewati filter no. 200 (0,075 mm). Hasil penelitian tentang karakteristik Marshall ini didapatkan kadar Aspal Optimal sebesar 6,5% dengan mean Stability value 1417, mean Flow value 3,6 mm, mean VIM (void In Mix). 4.11%, nilai rata-rata VMA (Void In Mineral Aggregate) 16.69%, nilai rata-rata VFB (Void Filled Bitumen) 73.57%, dan nilai rata-rata Marshall quotient (MQ) 314 kg / mm.

Pengaruh Penggunaan Plastik Polyethylene (PE) Dan High Density Polyethylene (HDPE) Pada Campuran Lasaton –WC Terhadap karakteristik Marshall. Anita Rahmawati (2015). Peningkatan lalu lintas jalan selama dua dekade terakhir ditambah dengan tingkat pemeliharaan yang tidak memadai karena kekurangan dana menyebabkan kerusakan jaringan jalan yang semakin

cepat dan terus menerus. Untuk meringankan proses ini, beberapa jenis tindakan mungkin efektif, misalnya, mengamankan dana untuk pemeliharaan, perbaikan desain jalan raya, penggunaan bahan dengan kualitas lebih baik dan penggunaan metode konstruksi yang lebih efektif. Aspal juga dapat dimodifikasi dengan menambahkan berbagai jenis aditif. Salah satu zat aditif tersebut adalah polimer seperti Polyethylene (PE) dan High Density Polyethylene (HDPE). Penambahan polimer biasanya meningkatkan kekakuan aspal dan meningkatkan kerentanan suhunya. Kekakuan yang meningkat meningkatkan ketahanan rutting campuran di iklim panas dan memungkinkan penggunaan aspal dasar yang relatif lebih lembut, yang pada gilirannya, memberikan kinerja suhu rendah yang lebih baik. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan Polyethylene (PE) dan High Density Polyethylene (HDPE) sebagai campuran lapisan tipis beton aspal pada lapisan jalan pakai (Lataston_WC) dengan menggunakan parameter desain Marshall. Parameter yang dinilai adalah stabilitas, aliran, persentase rongga udara dalam campuran (VIM), persentase rongga dalam agregat mineral (VMA), persentase rongga terisi aspal (VFA), dan Marshall Quotient (MQ). Sampel Marshall yang disiapkan dengan pengikat aspal yang dimodifikasi PE dan HDPE memberikan batasan spesifikasi. Persentase campuran aspal PE dan HDPE adalah 0%, 2%, 4% dan 6% dari berat aspal. Hasil pengujian Marshall menunjukkan bahwa nilai stabilitas, aliran dan VFA cenderung meningkat seiring dengan pertambahan persentase PE dan HDPE. Namun nilai VIM, VMA dan MQ cenderung menurun dengan meningkatnya persentase PE dan HDPE. Terlihat bahwa pengaruh penambahan HDPE pada campuran aspal memberikan nilai

karakteriscs Marshall yang lebih baik dibandingkan dengan campuran asfalt dengan PE.

Penelitian Penambahan Bahan Limbah Tetes Tebu Dari Pabrik Gula Meritjan Pada Campuran Aspal Beton. Nanda Ade Kurniawan, Sigit Winarto, Ahmad Ridwan. (2019). Beton aspal sebagai material konstruksi jalan sudah lama dikenal dan digunakan secara luas dalam konstruksi jalan. Penggunaannya di Indonesia semakin meningkat dari tahun ke tahun. Hal ini dikarenakan beton aspal memiliki beberapa keunggulan dibandingkan material lain, antara lain harga yang relatif lebih murah dari beton, kemampuannya dalam menopang beban berat kendaraan yang tinggi, serta dapat dibuat dari bahan lokal yang tersedia serta memiliki ketahanan yang baik terhadap cuaca. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan limbah tebu sebagai campuran aspal beton dan mencari berapa persen persentase campuran limbah molase pada aspal beton hingga mencapai titik optimum. Dari perhitungan penambahan molase ke dalam campuran aspal beton dengan kadar 5%, 10%, dan 15% menghasilkan Marshall Quotient (MQ) yaitu 395 kg / mm, 293 kg / mm, dan 817 kg / mm. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa penambahan molase dengan variasi 15% memiliki hasil yang lebih optimal dibandingkan dengan penambahan tetes tebu 5% 10%. Karakteristik stabilitas dan stabilitas sisa campuran beton aspal daur ulang. Muhammad Hasan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik Marshall Stability dan nilai Marshall Immersion campuran aspal lama yang didaur ulang dengan peremajaan minyak solar. Campuran aspal lama dari perkerasan aspal deteriorasi di Jalan Soekarno Hatta, Palu Sulawesi Tengah. Hasil uji ekstraksi campuran aspal lama didapatkan kadar aspal 4,6%. Skenario

daur ulang aspal pada penelitian ini adalah lima jenis kadar aspal dan lima jenis bahan peremajaan. Varietas kadar aspal adalah 4,6% (tanpa penambahan aspal baru), 5,1%, 5,6%, 6,1% dan 6,6%. Varietas bahan peremajaan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Spesimen pengujian daur ulang perkerasan aspal dengan mesin uji stabilitas Marshall dan analisis volumetrik. Hasil pengujian Marshall pada Optimum Bitumen Content didapatkan bahwa peningkatan kandungan rejuvenating agent dalam campuran daur ulang aspal menyebabkan kestabilan Marshall, Nilai Perendaman Marshall dan Densitas menurun. Dari nilai stabilitas Marshall, kandungan maksimum rejuvenating agent masih memerlukan spesifikasi 35,29% dan dari nilai perendaman Marshall kandungan maksimum rejuvenating agent adalah 46,18%.

Pemanfaatan Limbah Batu Marmer Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Aspal Beton Terhadap Karakteristik Marshall. Andi Syaiful Amal, Chairil Saleh (2016). Limbah batu marmer merupakan limbah yang dihasilkan pada saat pembuatan pengolahan marmer yang tidak terpakai. Pemanfaatan marmer untuk material pengerasan jalan merupakan salah satu cara untuk mengurangi limbah batu marmer tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui manfaat limbah batu marmer sebagai pengganti agregat kasar sebagian terhadap karakteristik marshall pada campuran lapisan aspal beton (Laston). Campuran laston dengan limbah batu marmer sebagai pengganti agregat kasar menggunakan variasi 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% dan 35%. Hasilnya dapat dipastikan bahwa pemanfaatan limbah batu marmer mampu meningkatkan sifat marshall. Campuran laston terbaik menghasilkan kadar optimum limbah batu marmer 17,5%, Campuran laston dihasilkan: stabilitas marshall 1050 kg, hasil

bagi marshall 2,5 KN / mm, volume rongga udara 4,5% dan ketebalan lapisan film 8,8 mm .

Pemanfaatan Limbah Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Campuran Asphalt Concrete-Wearing Course Gradasi Kasar. Arys Andhikatama (2013). Dalam pembuatan campuran beraspal membutuhkan agregat dalam jumlah banyak. Karena dalam struktur perkerasan 90 -95% terdiri dari agregat. Salah satu material yang banyak digunakan adalah kerikil atau agregat kasar. Penggunaan kerikil yang terus menerus dalam jumlah yang besar tentu akan menimbulkan masalah lingkungan di sekitar daerah penambangan tersebut. Penggunaan bahan limbah untuk perkerasan jalan yang baru sudah banyak dilakukan. Salah satu bahan limbah yang akan dicoba untuk mengganti agregat baru pada penelitian ini yaitu limbah beton. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan variasi kadar aspal 4,5%, 5%, 5,5%, 6%, 6,5% dan 7% terhadap total berat agregat untuk menentukan kadar aspal optimum, sedangkan pada pembuatan campuran AC – WC gradasi kasar ini mengacu pada spesifikasi Bina Marga 2010. Setelah didapatkan nilai kadar aspal optimum, dibuat benda uji dengan variasi limbah beton 0%, 20%, 40%, 60%, 80% terhadap total agregat kasar. Kemudian dilakukan pengujian terhadap benda uji tersebut dengan metode Marshall test sehingga didapat hasil karakteristik Marshall pada campuran tersebut. Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan limbah beton sebagai agregat kasar berpengaruh pada nilai karakteristik Marshall pada campuran AC - WC gradasi kasar. Penyerapan limbah beton yang lebih besar menyebabkan aspal yang terserap agregat lebih besar dari pada saat campuran tanpa menggunakan limbah beton. Hal ini ditunjukkan dari perubahan masing-

masing karakteristik marshall campuran AC-WC gradasi kasar pada kadar aspal 6,5%. Dari hasil analisa diperoleh nilai stabilitas, VMA, VIM dan Marshall Quotient mengalami kenaikan, sedangkan nilai flow dan VFWA mengalami penurunan seiring penambahan kadar limbah beton. Nilai stabilitas paling tinggi diperoleh pada kadar limbah beton 80% yaitu 1324,20kg, nilai VMA paling besar diperoleh pada kadar limbah beton 80% yaitu 21,36%, nilai VIM paling besar diperoleh pada kadar limbah beton 60% yaitu 8,64%, nilai Marshall Quotient paling besar diperoleh pada kadar limbah beton 80% yaitu 410,19kg/mm, nilai flow paling besar diperoleh pada kadar limbah beton 20% yaitu 3,82mm dan nilai VFWA paling besar diperoleh pada campuran normal yaitu 72,24%. Dari hasil analisa diperoleh kadar limbah beton sebesar 2,5%.

Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai Campuran Dalam Laston Tipe VI SNI03-1737-1989 Ditinjau Terhadap Marshall Properties. Intan Ayu Permata Sari (2018). Jalan memiliki peran penting bagi aktivitas manusia. Di Indonesia umumnya perkerasan jalan yang digunakan adalah perkerasan lentur. Dipilih karena memiliki banyak kelebihan, namun juga memiliki beberapa kekurangan. Akibat kekurangan lapisan perkerasan lentur tersebut, menyebabkan kerusakan jalan. Jalan tidak bisa mencapai usia yang direncanakan. Oleh karena itu dengan adanya teknologi yang ada maka akan dilakukan studi penambahan serat selulosa yang diperoleh dari serat eceng gondok sebagai bahan campuran aspal panas pada Beton Aspal Tipe VI. Proses pembuatan Beton Aspal Tipe VI diawali dengan pembuatan serat eceng gondok sederhana. dan menghitung formula job mix yang mengacu pada standar. Dilanjutkan dengan tahapan pengujian material Beton Aspal Tipe VIA

(meliputi pengujian agregat kasar, pengujian agregat halus, dan pengujian material aspal). Langkah selanjutnya adalah mencampurkan bahan dengan serat eceng gondok (termasuk penimbangan agregat, penggorengan agregat dengan aspal cair yang ditambahkan ke serat eceng gondok, penghancuran spesimen, penghancuran, pengukuran dan penimbangan, pencelupan spesimen ke dalam air, dan pengujian spesimen dengan cara uji marshall). Dari hasil pengujian dan perhitungan menggunakan analisis regresi dapat disimpulkan bahwa penambahan serat eceng gondok dapat dilakukan pada Beton Aspal Tipe VI dengan variasi terbaik pada kisaran 0,30% - 0,36%.

Pemanfaatan Sisa Pecahan Campuran Beton Sebagai Pengganti Agregat Kasar Pada Laston Wearing Course Gradasi Kasar. Yamsasmi, Syafaruddin (2017). Pembuatan campuran aspal membutuhkan jumlah agregat yang besar karena strukturnya mengandung 90-95% dari keseluruhan. Salah satu material yang banyak digunakan adalah kerikil. Penggunaan kerikil secara terus menerus dalam jumlah yang banyak akan berdampak pada lingkungan tempat diperolehnya kerikil tersebut. Di sisi lain, tingginya tingkat konstruksi infrastruktur dari beton di Kalimantan Barat khususnya di Pontianak memungkinkan terjadinya peningkatan kemungkinan terjadinya kegagalan struktur, kebakaran dan kerusakan beton pracetak. Oleh karena itu, penggunaan pecahan beton sebagai pengganti agregat kasar menjadi salah satu alternatif dalam penelitian ini. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan membandingkan antara penggunaan agregat course dan penggunaan serpihan beton K-225 dan K-300 dengan variasi grades aspal pada 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0%. Kami menggunakan total 45 sampel dengan masing-masing variasi

agregat kursus didapatkan 15 sampel. Setiap sampel dilakukan pengujian dengan metode marshall sehingga didapatkan marshall karakteristik dan kandungan aspal campuran yang optimal. Refrens bina marga 2010 spesifikasi. Berdasarkan uji marshall, parameter marshall yang memenuhi nilai stabilitas sebesar 5,0%- Kadar aspal 7,0% untuk ketiga jenis campuran nilai stabilitas tertinggi terjadi pada batu pecah alam dengan kadar aspal 7,0% sebesar 2.822.5kg. Nilai aliran pada 6,0% dan tingkat aspal 6,5% dari 3.767mm dan 3.733mm untuk batu pecah alam, 6.0% untuk 3.73mm untuk campuran beton K225, dan untuk fraksinasi campuran beton K300 5%, 5.5% dan 6.5% dari 2.77mm, 3.73mm, dan 2.80mm. Nilai VIM ketiga campuran tersebut pada kadar aspal 7,0% dari 4,460% pecahan batu alam, 4,57% fraksi campuran beton K225, dan 4,31% untuk fraksi campuran beton K300. Nilai FVB untuk batu pecah alam sebesar 6,5% dan kadar aspal 7,0% sebesar 76.116% dan 81.538%, 6,0% - 7,0% sebesar 69.92%, 79.87%, dan 90.66% untuk campuran beton campuran K225, dan campuran beton K300 5.5% 7.0% oleh 65.81%, 71.17%, 74.31%, dan 87.72%. nilai MQ untuk ketiga jenis campuran memenuhi standar tetapi pada kadar aspal 5,5% sebesar 223,80 kg / mm untuk campuran pecahan K225 beton tidak bertemu. Dari analisis data diperoleh kadar bitumen (KAO) optimum Campuran agregat kasar campuran 6,54%, agregat kasar campuran beton K225 6,05%, dan agregat kasar campuran beton K300 6,65%.

Pengaruh Kadar Limbah Keramik Dinoyo Sebagai Substitusi Agregat Halus Terhadap Campuran Aspal Porus. Bella Ayu Prastiwi (2020). Aspal porus dapat menangani air hujan selama bertahun-tahun sebelum akhirnya menunjukkan keretakan atau lubang. Pada penelitian ini, akan digunakan limbah keramik

sebagai bahan Substitusi agregat halus pada campuran aspal porus. Bahan mentah keramik alam, antara lain koalin, lempung, feldspar, kuarsa, pyrophilit, toseki, dan lain-lain. Lempung merupakan bahan yang terjadi akibat dari pelapukan batuan beku atau batuan sedimen, yang merupakan bahan mentah terpenting dalam pemuatan keramik. Dalam penelitian ini digunakan Limbah Keramik Dinoyo-Malang sebagai pengganti Agregat kasar pada aspal untuk jenis campuran aspal porus dengan menganalisa dari segi hasil pengujian Marshall. Langkah penelitian terdiri dari pengujian properties agregat dan aspal, uji analisa saringan untuk amplop gradasi campuran, dan tes Marshall. Hasil penelitian ini adalah Kadar Aspal Optimum (KAO) pada campuran porus dengan penambahan keramik sebagai pengganti agregat kasar sebesar 5.50%. Karakteristik Marshall lapisan aspal porus mempunyai nilai stabilitas yaitu 1200.6 Kg, kelelahan atau flow 4,9 mm, V.I.M 22,75% , V.M.A 16,91% dan marshall quotient 245,1 kg/mm semua nilai pada paramater Marshall memenuhi Spesifikasi Australian Asphalt Pavement Association 2004.

Pengaruh Penggunaan Limbah Pengolahan Timah (Tin Slag) Sebagai Substitusi Parsial Agregat Halus Terhadap Kuat Tekan Dan Kuat Tarik Belah Beton. Melita (2015). Peningkatan kebutuhan bahan bangunan dari tahun ke tahun semakin besar. Hal ini bisa menyebabkan penyediaan bahan bangunan pun akan semakin banyak dibutuhkan misalnya pasir. Apabila kebutuhan pasir meningkat maka ketersediaannya pun akan semakin berkurang dan diperlukan alternatif untuk mengatasi masalah tersebut. Terak timah (tin slag) adalah sisa dari pengolahan timah dan merupakan bahan yang banyak tertimbun dan cenderung menjadi limbah karena pemanfaatannya masih relatif kecil dan belum

maksimal. Mempunyai bentuk yang tajam dan kubikal. Penelitian tentang pengaruh penggunaan terak timah (tin slag) yang berasal dari PT. Stanindo Inti Perkasa dengan menggunakan enam variasi campuran substitusi parsial terhadap berat agregat halus yaitu 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50%. Dari masing-masing campuran beton tersebut dibuat 54 buah benda uji untuk umur 14 hari dan 28 hari. Pengujian yang dilakukan pada campuran beton adalah uji kuat tekan beton dan uji kuat tarik belah beton. Dari hasil penelitian diperoleh pada umur 14 hari, pada penambahan kadar tin slag berturut-turut 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% adalah 25,1 MPa, 20,7 MPa, 18,9 MPa, 15,6 MPa, 14,8 MPa dan 14,7 MPa untuk uji kuat tekan beton. Pada umur 28 hari, pada penambahan kadar tin slag berturut-turut 0%, 10%, 20%, 30%, 40% dan 50% adalah 26,5 MPa, 25,1 MPa, 24,6 MPa, 24,3 MPa, 24,1 MPa dan 23,7 MPa untuk uji kuat tekan beton dan 3,3 MPa, 3,2 MPa, 3,1 MPa, 2,9 MPa, 2,9 MPa dan 2,6 MPa untuk uji kuat tarik belah beton.

Penggunaan Genteng Keramik Sebagai Pengganti Agregat Kasar Dan Abu Terbang Sebagai Pengisi Pada Laston AC-BC. Kevin Doan Panjaitan. Tan Lie Ing (2017). Penggunaan limbah menjadi salah satu pokok bahasan para ahli untuk mengurangi jumlah material alam yang digunakan serta memanfaatkan limbah sebagai bahan daur ulang. Menggunakan material pengganti pada campuran beton aspal memungkinkan mutu perkerasan lentur memiliki stabilitas tinggi dan daya tahan lama, atau mungkin sebaliknya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh penggunaan limbah genteng keramik sebagai pengganti pada agregat kasar dan abu terbang sebagai pengisi pada campuran laston lapis pengikat (AC-BC). Dalam penelitian ini digunakan lima

jenis persentase campuran agregat kasar yang berbeda, yaitu 100% kerikil; 25% kerikil dan 75% genteng keramik; 50% kerikil dan 50% genteng keramik; 75% kerikil dan 25% genteng keramik; serta 100% genteng keramik. Pengujian dilakukan dengan alat Marshall. Nilai kadar aspal optimum (KAO) diperoleh sebesar 6,75%. Berdasarkan hasil pengujian pada kadar aspal optimum dari kelima jenis campuran agregat kasar, penggunaan limbah genteng keramik tidak disarankan.

Penggunaan Limbah Peleburan Timah (Tin Slag) Sebagai Agregat Kasar Pada Campuran Hot Rolled Sheet-Wearing Course Untuk Perkerasan Jalan Raya. Ormuz Firdaus, Rudy Kurniawan (2014). Kepulauan Bangka Belitung terkenal merupakan penghasil timah terbesar di Indonesia. Disamping memproduksi Timah, perusahaan yang mengelola pertimahan juga menghasilkan produk sampingan (limbah) berupa terak timah (tin slag) yang jumlahnya bertambah terus setiap saat. Limbah ini belum dimanfaatkan seoptimal mungkin. Untuk itu perlu diadakan penelitian tentang pemanfaatan limbah timah (tin slag) sebagai alternatif bahan untuk perkerasan jalan raya. Agregat kasar merupakan sekumpulan butir-butir batu pecah, kerikil, atau mineral lainnya yang berupa hasil alam. Hot Rolled Sheet-Wearing Course (HRS- WC) merupakan lapisan pondasi atas dengan menggunakan bahan pengikat aspal. Letaknya berada dibawah lapisan permukaan (wearing course). Kinerja suatu perkerasan dapat ditentukan dari pengujian Marshall yang menghasilkan parameter stabilitas, kelelahan, kerapatan, rongga dalam campuran, rongga dalam agregat, dan Marshall Quotient. Setelah melalui proses uji Marshall didapat nilai Kadar Aspal Optimum untuk agregat biasa sebesar 5,75%, dan untuk tin slag sebesar 4,80%.

Dengan menggunakan metode pengujian yang didasarkan pada standar Bina Marga telah memenuhi persyaratan, sehingga tin slag dapat digunakan sebagai bahan pengganti agregat kasar untuk perkerasan jalan raya dan dapat membantu dalam upaya pemeliharaan lingkungan.

Analisa Pengaruh Penambahan Belerang Pada Aspal AC-WC Terhadap Nilai Stabilitas Dan Kelelahan Marshall. M Imam Fadholi Siregar, Marwan Lubis (2018). Jalan selalu dibutuhkan sebagai suatu media transportasi, oleh karena itu dibutuhkan keawetan pada perkerasan jalan. Dalam meningkatkan struktur perkerasan jalan dibutuhkan alternatif bahan untuk dicampur dengan aspal ataupun agregat. Penelitian ini dilakukan di laboratorium PPS3 Balai Besar dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas Asphalt Concrete - Wearing Course (AC- WC). Di dalam penelitian ini pengujian dilakukan secara bertahap, yaitu terdiri atas pengujian agregat (kasar, halus dan filler), aspal dan pengujian terhadap campuran, dimana dari pengujian Marshall tersebut didapatkan hasil-hasil yang berupa komponen-komponen Marshall, yaitu stabilitas, flow, dan kemudian dapat dihitung Marshall Quotient-nya. Pengujian dilakukan dengan variasi persentase kadar belerang 5% dan 10%. Dari hasil pengujian ini dapat disimpulkan semakin besar penambahan belerang maka nilai stabilitas akan menurun, dan sebaliknya nilai flow akan meningkat.

Studi Penggunaan Limbah Las Karbit Untuk Bahan Tambah Pada Perkerasan Laston Gradasi AC-WC. Shezy Nurhayati Permana, Dwi Prasetyanto, Rahmi Zurni. (2016). Jalan merupakan prasarana transportasi yang menghubungkan satu daerah ke daerah lainnya serta meningkatkan proses perkembangan ekonomi masyarakat. Seiring berkembangnya kendaraan semakin bervariasi mulai

dari jenis kendaraan dan berat kendaraan, hal tersebut mengakibatkan lapisan perkerasan sering mengalami kerusakan, oleh karena itu diperlukan adanya penelitian perkerasan yang kuat menahan deformasi pada beban lalu lintas. Penelitian ini dilakukan pada Laston AC-WC menggunakan aspal pen 60 bercampur dengan limbah las karbit 2,5 % dan 5 %. Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui parameter Marshall dari karakteristik beton aspal dengan jenis aspal yang berbeda. Hasil dari parameter Marshall didapat kadar aspal optimum (KAO) untuk aspal 0 % sebesar 6,6 %, aspal karbit 2,5 % didapat 6,7%, dan untuk aspal karbit 5 % sebesar 6,8 %.

Analisis Pengaruh Penambahan Limbah Karet Terhadap Durabilitas Dan Flexibilitas Aspal Beton AC-WC. Farlin Rosyad, Niko Prastyo, Mudiono Kasmuri (2018). Ketersediaan jalan merupakan prasyarat mutlak untuk masuknya penanaman modal ke suatu daerah, untuk itu perlu direncanakan perkerasan yang kuat, tahan lama dan berdaya tahan tinggi untuk terjadinya deformasi plastis. Kerusakan di Indonesia umumnya disebabkan oleh muatan yang berlebihan. Penyebab kerusakan perkerasan ini membutuhkan penggunaan material perkerasan jalan yang lebih berkualitas berupa material agregat sebagai pengisi dan aspal sebagai pengikat. Penambahan limbah karet pada campuran aspal beton merupakan solusi perencanaan jalan raya dan pengurangan pencemaran limbah karet yang dihasilkan oleh pabrik karet. Dari hasil penambahan campuran limbah karet mempengaruhi kelenturan dan keawetan aspal, nilai Marshall Quotien dan sisa kestabilan Marshall yang mempengaruhi kelenturan dan keawetan bila dibandingkan dengan campuran normal mengalami penurunan, penurunan nilai tersebut disebabkan banyaknya rongga pada benda uji dicampur dengan limbah

karet. Dari hasil campuran limbah karet didapatkan nilai optimasi pada stabilitas Marshall pada persentase limbah karet 6% sebesar 93,68% dan Marshall Quotien pada persentase limbah karet 6% sebesar 272,20 kg / mm.

Karakteristik Stabilitas Dan Stabilitas Sisa Campuran Beton Aspal Daur Ulang. Muhammad Kasan (2009). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik Marshall Stability dan nilai Marshall Immersion campuran aspal lama yang didaur ulang dengan peremajaan minyak solar. Campuran aspal lama dari perkerasan aspal deteriorasi di Jalan Soekarno Hatta, Palu Sulawesi Tengah. Hasil uji ekstraksi campuran aspal lama didapatkan kadar aspal 4,6%. Skenario daur ulang aspal pada penelitian ini adalah lima jenis kadar aspal dan lima jenis bahan peremajaan. Varietas kadar aspal adalah 4,6% (tanpa penambahan aspal baru), 5,1%, 5,6%, 6,1% dan 6,6%. Varietas bahan peremajaan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Spesimen pengujian daur ulang perkerasan aspal dengan mesin uji stabilitas Marshall dan analisis volumetrik. Hasil pengujian Marshall pada Optimum Bitumen Content didapatkan bahwa peningkatan kandungan rejuvenating agent dalam campuran daur ulang aspal menyebabkan kestabilan Marshall, Nilai Perendaman Marshall dan Densitas menurun. Dari nilai stabilitas Marshall, kandungan maksimum rejuvenating agent masih memerlukan spesifikasi 35,29% dan dari nilai perendaman Marshall kandungan maksimum rejuvenating agent adalah 46,18%.