

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Pengertian Aspal

Menurut Soehartono (2016) Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan pengikat (*binder*) antar butiran agregat agar terbentuk material yang padat, sehingga dapat memberikan kekuatan, ketahanan dan campuran dalam menanggung beban kendaraan. Pengikat yaitu suatu deskripsi untuk *adhesif* atau lem yang digunakan sebagai perkerasan aspal. Pengikat cair didefinisikan sebagai pengikat ter (*tar*) dan aspal. Aspal adalah material hasil penyaringan minyak mentah merupakan hasil dari industri perminyakan. Aspal merupakan material perekat, yang berwarna coklat gelap sampai hitam, dengan unsur pokok yang dominan adalah bitumen. *Hidrokarbon* yaitu bahan dasar utama dari aspal. Aspal yang terbentuk dari banyak molekul *hidrokarbon* mempunyai komposisi kimia yang bermacam-macam. Pembentukan *colloid* aspal bergantung pada sifat kimia dan persen dari molekul *hidrokarbon*, serta hubungan satu dengan yang lain. Sifat kimia dan fisik aspal yang bermacam-macam ini, disebabkan oleh bervariasinya sumber minyak mentah, proses penyaringannya. Di Amerika Utara, bahan pengikat umumnya disebut semen aspal (*asphalt cement*), sedang di Eropa disebut *bitumen*.

Menurut Sukirman (2003) aspal adalah sejenis mineral yang umumnya digunakan untuk konstruksi jalan dan khususnya perkerasan lentur. Aspal yaitu material organik (hydrocarbon) yang kompleks dan diperoleh langsung dari alam atau dengan proses tertentu. Aspal berbentuk cair, semi pampat, dan pampat pada

suhu ruang (25^0 C). Penggunaan aspal sebagai material perkerasan cukup luas, mulai dari lapis permukaan, lapis pondasi, lapis aus, atau lapis penutup. Aspal dibedakan menjadi lima jenis sebagai berikut:

1. Aspal alam

Aspal alam ditemukan di pulau Buton, Perancis, Swiss, dan Amerika Selatan. Aspal memiliki sifat kekerasan, aspal alam dapat dibagi menjadi dua, yaitu *rock asphalt* dan *lake asphalt*.

2. Aspal buatan

Aspal ini dibuat dari minyak bumi sehingga dikenal sebagai aspal minyak dan selain itu aspal ini harus dipanaskan terlebih dahulu sebelum digunakan, sehingga juga sering disebut sebagai aspal panas. Bahan baku minyak bumi yang baik untuk pembuatan aspal yaitu minyak bumi yang mengandung *parafin*, dan untuk bahan aspal *parafin* kurang disukai di karena mengakibatkan aspal jadi getas dan mudah terbakar, memiliki daya lekat yang buruk dengan agregat.

3. Aspal cair

Aspal cair merupakan aspal keras yang diencerkan dengan 10% - 20% *kerosin*, *white spirit* atau *gas oil* untuk dapat mencapai viskositas tertentu dan memenuhi fraksi destilasi tertentu. Viskositas ini dibutuhkan agar aspal tersebut dapat menutupi agregat dalam waktu yang singkat dan akan meningkat terus sampai pekerjaan pemadatan dilaksanakan sampai selesai.

4. Aspal emulsi

Aspal emulsi merupakan aspal yang lebih cair dari pada aspal cair dan mempunyai sifat dapat menembus pori-pori halus dalam batuan yang tidak dapat dilalui oleh aspal cair biasa karena memiliki sifat pelarut yang membawa aspal dalam emulsi dan mempunyai daya tarik terhadap batuan yang lebih baik dari pada pelarut dalam aspal cair, terutama apabila batuan tersebut sedikit lembab.

5. Tar

Tar yaitu sejenis cairan yang diperoleh dari material organik. Contohnya seperti kayu atau batu bara melalui proses destilasi dengan suhu tinggi tanpa zat asam.

Aspal adalah senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan dan memiliki fungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat tersebut. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri (Kerbs and Walker, 1971).

Pada temperatur ruang aspal memiliki sifat *thermoplastis*, sehingga aspal akan mencair jika dipanaskan sampai pada temperatur tertentu dan kembali membeku jika temperatur turun. Bersama agregat, aspal yaitu material pembentuk campuran perkerasan jalan. Banyaknya aspal dalam campuran

perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran, 10-15% berdasarkan volume campuran (Sukirman.2003).

Menurut Wignall (2003) aspal dapat dibagi menjadi 2 macam, yaitu aspal alam dan aspal buatan. Aspal alam berasal dari batuan pegunungan (*rock asphalt*) dan danau (*lake asphalt*). Aspal buatan didapat dari proses destilasi minyak bumi, dengan pemanasan dibawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi ringan, seperti *gasoline* (bensin), *kerosene* (minyak tanah) dan gas oil. Hasil dari proses destilasi/penyulingan minyak tanah mentah menghasilkan 3 (tiga) macam aspal, yaitu sebagai berikut :

- a. Aspal keras/panas (*asphalt cement, AC*)
- b. Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*)
- c. Aspal Emulsi (*emulsion asphalt*)

Penggunaan yang paling umum merupakan jenis aspal keras (AC). Untuk jenis aspal ini berbentuk padat pada temperatur 20° - 30° C. Pengelompokkan semen aspal dilakukan berdasarkan nilai penetrasi pada temperatur 25°C atau berdasarkan kekentalannya:

- a. AC pen 40/50, yaitu semen aspal dengan penetrasi 40 - 50.
- b. AC pen 60/70, yaitu semen aspal dengan penetrasi 60 - 70.
- c. AC pen 80/100, yaitu semen aspal dengan penetrasi 80 - 100. AC pen 120/150, yaitu semen aspal dengan penetrasi 120 - 150.
- d. AC pen 200/300, yaitu semen aspal dengan penetrasi 200 - 300.

Aspal untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 60/70 atau 80/100 yang seragam, tidak mengandung air, bila

dipanaskan sampai dengan 175° C tidak berbusa, dan memenuhi persyaratan pada standart SNI 03-1737-1989. Definisi aspal keras itu sendiri yaitu jenis aspal minyak yang merupakan residu dari hasil destilasi minyak bumi pada keadaan hampa udara, yang ada suhu normal dan tekanan atmosfer berbentuk padat.

Penetrasi merupakan besarnya kedalaman jarum penetrasi dapat menembus lapisan aspal pada suhu 25°C dengan beban sebesar 100 gram selama 5 detik. Aspal yang digunakan pada penelitian ini yaitu AC pen 60 /70 berarti jarum penetrasi dapat menembus lapisan aspal sedalam $6 - 7 \text{ mm} = (60 - 70) \times 0,1 \text{ mm}$.

2.2 Bahan Lapisan Perkerasan lentur jalan Raya

Menurut Sukirman,(1992) Perkerasan lentur adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat.Lapisan-lapisan perkerasannya bersifat memikul dan menyebarkan beban lalu lintas ke tanah dasar.Adapun lapisan perkerasan lentur yang berada paling atas adalah lapisan permukaan atau *surface course* yang berfungsi sebagai penahan beban roda secara langsung, dengan stabilitas tinggi dan merupakan lapisan aus atau yang menderita gesekan akibat rem kendaraan sehingga mudah menjadi aus.Perkerasan jalan adalah campuran antara agregat dan bahan ikat yang digunakan untuk melayani beban lalu lintas .agregat yang biasanya dipakai dalam perkerasan jalan yaitu batu pecahan,batu belah,batu kali, sedangkan bahan yang digunakan untuk pengikatnya antara lain semen, aspal.

Konstruksi perkerasan lentur terdiri dari lapisan-lapisan yang di letakkan di atas tanah dasar yang telah di padatkan. Lapisan-lapisan tersebut berfungsi untuk

menerima beban lalu lintas dan menyebarkan ke lapisan di bawahnya. Karena sifat penyebaran gaya maka muatan yang diterima oleh masing-masing lapisan berbeda dan semakin kebawah semakin kecil. Ada dua lapis pondasi yang termasuk susunan lapis perkerasan lentur jalan raya yaitu lapis pondasi bawah, lapis pondasi atas, dan lapis permukaan antara lain sebagai berikut :

2.2.1 Lapis Pondasi Bawah

Menurut Sukirman (1992) Lapis pondasi bawah (*Subbase Course*) adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi dan tanah dasar. Lapis pondasi bawah berfungsi sebagai :

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

2.2.2 Lapiasan Pondasi Atas

Menurut Sukirman (2003) Lapis pondasi atas (*Base Course*) adalah lapis perkerasan yang terletak diantara lapis pondasi bawah dan lapis permukaan.

Lapis pondasi atas berfungsi sebagai :

- a. Bagian struktur perkerasan yang menahan gaya *vertikal* dari beban kendaraan dan disebarkan ke lapis dibawahnya.
- b. Lapis peresap untuk lapis pondasi bawah.
- c. Bantalan atau perletakkan lapis permukaan.

2.2.3 Lapis Permukaan

Menurut Soehartono (2016) Lapis permukaan (*wearing coarse*) merupakan lapis paling atas dari struktur perkerasan jalan, yang fungsi utamanya sebagai :

- a. Lapis penahan beban *vertikal* dari kendaraan, oleh karena itu lapisam harus memiliki *stabilitas* tinggi selama pelayanan.
- b. Lapis aus (*wearing course*) karena menerima gesekan dan getaran roda dari kendaraan yang mengerem.
- c. Lapis kedap air, sehingga air hujan yang jatuh di atas lapis permukaan tidak meresap ke lapis di bawahnya yang berakibat rusaknya struktur perkerasan jalan.
- d. 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. Namun demikian, akibat kontak langsung

dengan roda 9 kendaraan, hujan, dingin, dan panas, lapis paling atas cepat menjadi aus dan rusak, sehingga disebut lapis aus. Lapisan di bawah lapis aus yang menggunakan aspal sebagai bahan pengikat disebut dengan lapis permukaan antara (*binder course*), berfungsi memikul beban lalu lintas dan mendistribusikannya ke lapis pondasi. Dengan demikian lapis permukaan dapat dibedakan menjadi :

- a. Lapis aus (*wearing course*), merupakan lapis permukaan yang kontak dengan roda kendaraan dan perubahan cuaca.
- b. Lapis permukaan antara (*binder course*), merupakan lapis permukaan yang terletak di bawah lapis aus dan di atas lapis pondasi

2.3 Campuran Aspal Panas

Menurut Soehartono (2016) Campuran aspal panas adalah suatu campuran yang terdiri dari kombinasi agregat yang dicampur dengan aspal. Pencampuran yang dicampur dengan sedemikian rupa sehingga permukaan agregat terselimuti aspal dengan seragam untuk mengeringkan agregat dan memperoleh kekentalan aspal yang mencukupi dalam mencampur dan mengerjakannya, maka kedua-duanya dipanaskan pada temperatur tertentu. Umumnya suhu campuran dilakukan pada suhu 145°C - 155°C . Saat ini di Indonesia terdapat berbagai macam bentuk aspal campuran panas yang digunakan untuk lapisan perkerasan jalan, perbedaannya terletak pada jenis gradasi agregat dan kadar aspal yang digunakan di suatu lokasi yang sangat ditentukan oleh jenis karakteristik beton aspal yang lebih utamakan sebagai Contoh, jika perkerasan direncanakan akan digunakan

untuk melayani lalu lintas sangatlah berat ,maka sifat stabilitas lebih diutamakan ,ini berate jenis pada beton aspal yang paling sesuai adalah beton aspal yang memiliki agregat campuran bergradasi baik .peilihan jenis beton aspal ini mempunyai konsekuensi pori dalam campuran menjadi lebih sedikit , kadar aspal yang dapat dicampurkan juga kurang sehingga selimut aspal lebih tipis.

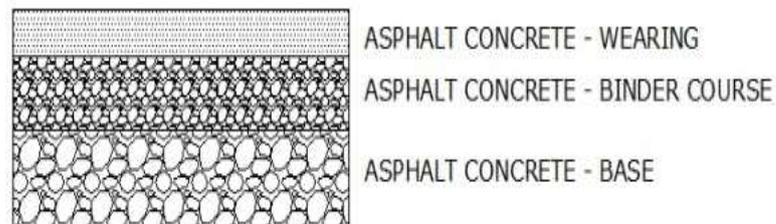
2.3.1 Tipe Campuran Aspal

jenis-jenis tipe campuran aspal panas yang telah dipakai sebagai lapis perkerasan di Indonesia adalah :

2.3.1.1 Lapis Aspal Beton

Menurut Sukirman,(1999) Lapis aspal beton adalah lapisan pada konstruksi jalan raya, yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus (well graded) dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu. Jenis agregat yang digunakan terdiri dari agregat kasar, agregat halus dan filler, sedangkan aspal yang digunakan sebagai bahan pengikat untuk lapis aspal beton harus terdiri dari salah satu aspal keras penetrasi 40/50, 60/70 dan 80/100 yang seragam, tidak mengandung air bila dipanaskan sampai suhu 175°C tidak berbusa dan memenuhi persyaratan sesuai dengan yang ditetapkan.Pembuataan aspal beton (Laston) dimaksudka untuk mendapatkan suatu lapisan permukaan atau lapis antara pada perkerasan jalanr raya yang mampu memberikan sumbangan daya dukung yang terukur serta berfungsi sebagai lapisan kedap air yang dapat melindungi kontruksi dibawahnya. Sebagai lapisan permukaan, lapis aspal beton harus dapat memberikan kenyamanan dan keamanan yang tinggi.

Ciri lainnya adalah memiliki sedikit rongga dalam struktur agregatnya, saling mengunci satu dengan lainnya. Oleh karena itu aspal beton memiliki sifat stabilitas tinggi dan relatif kaku (Menurut Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum 2010).



Gambar 2.1

Sumber: <https://jualbatusplit.wordpress.com/tag/agregat-kasr/>

Diunduh pada tanggal 22-11-2020 pukul 23:00 WIB

a. Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC)

Asphalt Concrete- Wearing Course (AC-WC) merupakan lapisan perkerasan yang terletak paling atas dan berfungsi sebagai lapisan aus. Walaupun bersifat non struktural, (AC-WC) dapat menambah daya tahan perkerasan terhadap penurunan mutu sehingga secara keseluruhan menambah masa pelayanan dari konstruksi perkerasan. AC-WC mempunyai struktur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. (Sukirman,2003).

b. Asphalt Concrete-Binder Course (AC-BC)

Lapisan ini merupakan lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan aus (*wearing course*) dan diatas lapisan pondasi (*base course*). Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekakuan yang cukup untuk

mengurangi tegangan/regangan akibat beban lalu lintas yang akan diteruskan ke lapisan di bawahnya yaitu *base* dan *sub grade* (tanah dasar). Karakteristik yang terpenting pada campuran ini adalah stabilitas (Sukirman,2003).

c. Asphalt Concrete-Base (AC-Base)

Laston atas atau lapisan pondasi atas (AC-Base) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang mempunyai gradasi menerus, dicampur, dihampar dan dipadatkan pada suhu tertentu. Lapisan ini terletak di bawah lapisan pengikat (AC-BC), perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan. Lapisan pondasi (AC-Base) berfungsi untuk memberi dukungan lapisan permukaan, mengurangi regangan dan tegangan, menyebarkan dan meneruskan beban konstruksi jalan di bawahnya (*sub grade*). (Sukirman, 2003)

Suatu campuran aspal beton yang harus memiliki karakteristik tersebut meliputi : Stabilitas, Kelenturan, Daya Tahan atau Keawetan, Tahan Terhadap Kelelahan, Mudah Dikerjakan, Kedap Air (Sukirman 2010)

1. Stabilitas (*Stability*)

Stabilitas lapisan pekerjaan adalah kemampuan lapisan perkerasan campuran berasal dalam melawan deformasi plastis atau perubahan bentuk permanen akibat beban lalu lintas. Stabilitas ditanyakan oleh tahanan gesek atau derajat penguncian yang dapat dikembangkan oleh partikel

agregat, dan kohesi yang dapat dikembangkan oleh semen aspal. Stabilitas akan maksimal, jika agregat mempunyai permukaan kasar/tidak beraturan, dan volume aspal yang cukup, sehingga adhesi dengan permukaan agregat dapat disebarakan dengan merata.

2. Kelenturan (*Flexibility*)

Kelenturan (*flexibility*) maksudnya adalah campuran aspal harus mampu mengakomodasi lendutan permanen dalam batas-batas tertentu dengan tanpa mengalami retak-retak. Untuk mendapat kelenturan yang tinggi, maka dapat digunakan agregat yang bergradasi terbuka atau gradasi senjang. Aspal yang digunakan harus lunak (penetrasi tinggi), atau digunakan kadar aspal relatif tinggi sejauh dalam batas-batas masih belum terjadi kegemukan (*bleeding*).

3. Daya Tahan atau Keawetan (*Durability*)

Daya tahan atau keawetan (*durability*), maksudnya adalah daya tahan suatu lapis perkerasan terhadap keausan (*disintegrasi*) akibat beban lalu lintas dan pengaruh perubahan cuaca, dengan tanpa mengalami pelepasan film aspal dari butiran agregat. Perubahan cuaca dapat mengakibatkan penuaan aspal, yang antara lain meliputi oksidasi dan penguapan fraksi ringan aspal. Faktor-faktor yang dapat meningkatkan durabilitas campuran agregat aspal adalah kadar aspal tinggi, gradasi agregat rapat, pemadatan sempurna, campuran agregat aspal kedap air, serta bantuan penyusunan lapis perkerasan harus cukup keras.

4. Tahan Terhadap Kelelahan (*Fatigue*)

Tahan terhadap kelelahan (*fatigue*) adalah ketahanan campuran aspal dalam menahan lendutan yang disebabkan oleh beban lalu lintas yang berulang-ulang, sehingga campuran tidak cepat mengalami retak. Ketahanan kelelahan adalah ketahanan dari lapis aspal beton dalam menerima beban berulang tanpa terjadinya kelelahan yang berupa alur (*ruting*) dan retak.

5. Mudah Dikerjakan (*Workability*)

Kemudahan dikerjakan (*workability*), maksudnya campuran aspal harus mudah dikerjakan dalam pelaksanaan di lapangan. Termasuk penghamparan dan pematatannya. Kemudahan pelaksanaan adalah kemampuan campuran aspal beton untuk mudah dihamparkan dan dipadatkan. Kemudahan pelaksanaan menentukan tingkat *efisiensi* pekerjaan. Faktor kemudahan dalam proses penghamparan dan pematatan adalah viskositas aspal, kepekatan aspal terhadap perubahan temperatur dan gradasi serta kondisi agregat.

6. Kekesatan (*Skid Resistace*)

Kekesatan/tahanan geser adalah kemampuan permukaan beton aspal terutama pada kondisi basah. Memberikan gaya gesek pada roda kendaraan sehingga kendaraan tidak tergelincir. Faktor-faktor untuk mendapatkan kekesatan jalan sama dengan untuk mendapatkan stabilitas yang tinggi, yaitu kekasaran permukaan dari butir-butir agregat,

luas bidang kontak antar butir atau bentuk butir, gradasi agregat, kepadatan campuran.

7. Kedap Air (*Water Resistance*)

Kedap air (*impermeable*) maksudnya kekedapan campuran beraspal terhadap masuknya air dan udara. Hal ini diperlukan untuk mencegah lolosnya air dan kontak aspal langsung dengan udara. Air dan udara akan mempercepat proses penuaan aspal. Selain itu, air juga dapat menyebabkan pengelupasan lapis film aspal yang berada di permukaan agregat.

2.3.1.2 Lapis Tipis Aspal Beton (*Lataston, HRS*)

Menurut Sudarsono (1978) *Lataston* atau *Hot Rolled Sheets (HRS)* merupakan campuran aspal dengan kadar aspal yang relatif tinggi dari pada jenis laston. Maksud dari penggunaan kadar aspal yang tinggi yaitu agar perkerasan mempunyai fleksibilitas tinggi, awet dan tahan terhadap kelelahan. Ketiadaan ukuran agregat antara 2,36 mm dan ukuran 0,6 mm, sehingga menyebabkan campuran aspal yang diproduksi cenderung menjadi jenis aspal bergradasi relatif halus, serta kadar aspal yang berlebihan. Campuran ini lebih tahan terhadap keretakan, tetapi mudah mengalami deformasi plastis yang berupa timbulnya alur (*rutting*) pada permukaan perkerasan, terutama akibat lalu lintas berat.

2.3.13 Split Mastic Asphalt (SMA)

Menurut Suryanto (1997) *Split Mastic Asphalt (SMA)* adalah suatu sistem perkerasan jalan raya yang memaksimalakan interaksi dan kontak antara fraksi kasar dalam campuran perkerasan. Fraksi agregat kasar mempunyai nilai stabilitas

yang tinggi dan tahan terhadap gaya geser dari campuran, sedangkan campuran fraksi halus menjadi *mastic* untuk menyatukan batuan tersebut.

2.3.1.4 Butonite Mastic Asphalt (BMA)

BMA adalah suatu jenis bahan pengikat (*binder*) yang merupakan campuran antara partikel asbuton mikro dengan bahan pelunak jenis *asphaltic base*. Asbuton mikro adalah aspal batu Buton yang digiling, sehingga mempunyai ukuran butiran maksimum 1 mm. BMA dapat digunakan untuk bahan pengikat AC, HRS atau SMA (Hardiyatmo.2015).

2.3.1.5 Latasir (Sand Sheet)

Lapis tipis aspal pasir (*latasir*) adalah lapis penutup yang terdiri dari aspal keras dan pasir alam yang bergradasi menerus, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan, pada suhu tertentu dengan tebal setelah padat 1-2 cm. *Latasir* ini berfungsi sebagai lapis penutup, lapis aus, dan dapat memberikan permukaan jalan yang rata dan halus. *Latasir* ini bersifat kedap air dan kenyal, tidak mempunyai sifat struktural, tahan terhadap keausan akibat lalu lintas dan pengaruh cuaca (Sudarsono 1976).

2.3.1.6 Lapis Hot Rolled Asphalt

Menurut Sukirman (2003) *Hot Rolled Asphalt* (HRA) merupakan lapis penutup yang terdiri dari campuran antara agregat bergradasi timpang, *filler* dan aspal keras dengan perbandingan tertentu, yang dicampur dan dipadatkan dalam keadaan panas pada 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 .

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 2.1 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, Bina Marga,(2010)*

2.3.2 Unsur Penyampuran Campuran Aspal Panas

Menurut sukirman,(2003)Adanya lapisan padat dan 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 pencampuran itu harus sesuai spesifikasi yang ada.

1. Agregat

Agregat merupakan komponen utama dari struktur perkerasan jalan, yaitu 90- 95% agregat berdasarkan persentase berat, atau 75-85% agregat berdasarkan persentase volume. Dengan demikian kualitas

perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat dan hasil campuran agregat dengan material lain

2. Aspal

Aspal merupakan senyawa *hidrokarbon* berwarna hitam atau coklat tua, yang tersusun dari unsur-unsur *aspalteness*, *resin* dan *oils*, sedangkan senyawa hidrokarbon tersebut banyak terkandung dalam bitumen, sehingga aspal sering juga disebut sebagai bitumen. *Asphaltenes* yang merupakan material berwarna hitam atau coklat tua yang tidak larut dalam *n-heptane*. *Asphaltenes* menyebar di dalam larutan yang disebut *maltenes*. *Malthenes* larut dalam *heptane*, merupakan cairan kental yang terdiri dari *resins* dan *oils*. *Resins* adalah cairan berwarna kuning atau coklat tua yang memberikan sifat adhesi dari aspal, merupakan bagian yang mudah hilang atau berkurang selama masa pelayanan jalan, sedangkan *oils* yang berwarna lebih muda merupakan media dari *asphaltenes* dan *resins*. *Maltenes* merupakan komponen yang mudah berubah sesuai perubahan temperature dan umur pelayanan (Sukirman, S.,1992).

2.3.2.1 Aspal atau Bitumen

Aspal merupakan senyawa hidrokarbon berwarna coklat gelap atau hitam pekat yang dibentuk dari unsur-unsur *asphathenes*, *resins*, dan *oils*. Aspal pada lapis perkerasan berfungsi sebagai bahan ikat antara agregat untuk

membentuk suatu campuran yang kompak, sehingga akan memberikan kekuatan masing-masing agregat. Selain sebagai bahan ikat, aspal juga berfungsi untuk mengisi rongga antara butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri. (Soehartono 2016).

Defenisi dari aspal adalah material berwarna hitam atau coklat tua. Pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat menjadi lunak atau cair sehingga dapat membungkus partikel agregat pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk kedalam pori-pori yang ada pada penyemprotan / penyiraman pada perkerasan macadam atau pelaburan.

Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah :

1. Sebagai bahan pengikat antara agregat maupun antara aspal itu sendiri.
2. Sebagai bahan pengisi, mengisi rongga antar butir-butir agregat dan pori-pori yang ada dari agregat itu sendiri.

Aspal minyak dengan bahan dasar aspal dapat dibedakan atas:

1. Aspal keras/panas (*asphalt cement*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan panas. Aspal ini berbentuk padat pada keadaan penyimpanan (temperatur ruang).
2. Aspal dingin/cair (*cut back asphalt*), adalah aspal yang digunakan dalam keadaan cair dan dingin. Aspal cair dihasilkan dengan melarutkan aspal keras dengan bahan pelarut berbasis minyak.

3. Aspal emulsi (*emulsion asphalt*), adalah aspal yang disediakan dalam bentuk emulsi. Aspal emulsi dihasilkan melalui proses pengemulsian aspal keras. Pada proses ini partikel-partikel aspal padat dipisahkan dan didispersikan dalam air yang mengandung *emulsifier (emulgator)*. (Sukirman, S.,1992).

Aspal pada umumnya harus memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan sesuai dengan ketentuan yang ada, dapat dilihat pada Tabel 2.2

Tabel 2.2: Spesifikasi Aspal Keras pen 60/70

| No. | Jenis Pengujian | Metode Pengujian | Persyaratan |
|-----|-----------------------------|------------------|-------------|
| 1. | Penetrasi, 25°C, 100 gr, 5 | SNI 06-2456-1991 | 60 – 70 |
| 2. | Viskositas 135°C | SNI 06-6441-1991 | 385 |
| 3. | Titik Lembek (°C) | SNI 06-2434-1991 | ≥ 48 |
| 4. | Indeks Penetrasi | - | ≥ - 1,0 |
| 5. | Daktilitas pada 25 °C, (cm) | SNI 06-2432-1991 | ≥ 100 |
| 6. | Titik Nyala (°C) | SNI 06-2433-1991 | ≥ 232 |
| 7. | Berat Jenis | SNI 06-2441-1991 | ≥ 1,0 |
| 8. | Berat yang Hilang | SNI 06-2440-1991 | ≤ 0.8 |

Sumber : *Spesifikasi umum Divisi-6 perkerasan aspal, Direktorat Jenderal Bina Marga,(2010)*

2.3.2.2 Agregat Kasar / Kerikil

Menurut SNI 03-2417-1991

- a. Fraksi agregat kasar untuk rancangan adalah yang tertahan ayakan No.8 (2,36 mm) dan harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya dan memenuhi ketentuan yang diberikan dalam Tabel 2.3.
- b. Fraksi agregat kasar harus batu pecah atau kerikil pecah dan harus disiapkan dalam ukuran nominal. Ukuran maksimum (*maximum size*) agregat adalah satu ayakan yang lebih besar dari ukuran

nominal maksimum (nominal *maximum size*). Ukuran nominal maksimum adalah satu ayakan yang lebih kecil dari ayakan pertama (teratas) dengan bahan tertahan kurang dari 10 %.

- c. Agregat kasar harus mempunyai angularitas seperti yang disyaratkan dalam Tabel 2.3 Angularitas agregat kasar didefinisikan sebagai persen terhadap berat agregat yang lebih besar dari 2,36 mm dengan bidang pecah satu atau lebih.
- d. Fraksi agregat kasar harus ditumpuk terpisah dan harus dipasok ke Unit Pencampur Aspal melalui pemasok penampung dingin (*cold bin feeds*) sedemikian rupa sehingga gradasi gabungan agregat dapat dikendalikan dengan baik.
- e. Pembatasan lolos # 200 $\leq 1\%$ pada ayakan kering karena agregat kasar yang dilekati lumpur tidak dapat dipisahkan pada waktu pengeringan sehingga tidak dapat dilekati aspal.

Tabel 2.3 Ketentuan Agregat Kasar

| Jenis Pengujian | Metoda | Persyaratan |
|----------------------------------|------------------|--------------------|
| Abrasi dengan mesin Los Angeles | SNI 03-2417-1991 | Maks.40 % |
| Kelekatan agregat terhadap aspal | SNI 03-2439-1991 | Min. 95 % |
| Angularitas agregat kasar | SNI 03-6877-2002 | 95/90 (*) |
| Partikel Pipih dan Lonjong (**) | RSNI T-01-205 | Maks. 10 % |
| Material lolos saringan No. 200 | SNI 03-4142-1996 | Maks. 1 % |

Catatan :

(*) 95/90 menunjukkan bahwa 95% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah satu atau lebih dan 90% agregat kasar mempunyai muka bidang pecah dua atau lebih.

(**) Pengujian dengan perbandingan lengan alat uji terhadap poros 1 : 5.

2.3.2.3 Agregat Halus / Pasir

Menurut SNI 03-4428-1997 agregat halus adalah agregat yang butirannya lolos saringan dengan ukuran 2,36 mm (No. 8) dan tertahan saringan No. 200. Agregat dapat meningkatkan stabilitas 15 campuran dengan penguncian (interlocking) antara butiran. Selain itu agregat halus juga bisa mengisi ruang antara butir. Bahan ini terdiri dari butir-butiran batu pecah atau pasiralam atau campuran dari keduanya.

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran halus lebih kecil dari saringan No.8 (2,36 mm). Agregat dapat meningkatkan stabilitas campuran dengnpenguncian antara butiran, agregat halus juga mengisi ruang antar butir. Bahan ini dapat terdiri dar ibutir-butiran batu pecah atau pasir alam atau campuran dari keduanya. Persyaratan umum agregat halus sesuai ketentuan , spesifikasi untuk agregat halus

Tabel 2.4 Ketentuan Agregat Halus

| Pengujian | Standar | Nilai |
|--|-----------------------|---|
| Nilai setara pasir | SNI 03-4428-1997 | Min.50% SS,HRS dan AC gradasi halus, Min.70% AC gradasi kasar |
| Material Lolos Ayakan No. 200 | SNI 03-4428-1997 | Max 8% |
| Kadar Lempung | SNI 3423 : 2008 | Maks 1% |
| Angularitas (kedalaman dari permukaan < 10 cm) | AASHTO TP-33 | Min. 45 |
| Angularitas (kedalaman dari permukaan 10 cm) | atau ASTM C1252-93 | Min. 40 |

Sumber : *Spesifikasi umum Divisi-6 perkerasan aspal, Direktorat Jenderal Bina Marga,(2010)*

2.4 Job Mix Formula Campuran Aspal Panas

Menurut Sukirman,(2003) *Job Mix Formula* (JMF) merupakan hasil rancangan campuran yang dilakukan dilaboratorium, dikoreksi atas hasil pekerjaan di instalasi pencampuran, percobaan penghamparan dan pemadatan dilapangan. Formula Campuran Kerja (Job Mix Formula) merupakan formula yang dipakai sebagai acuan untuk pembuatan campuran. Formula tersebut harus sesuai dan memenuhi persyaratan. Proses pembuatannya telah melalui beberapa tahapan yaitu dari mulai rancangan formula kerja, kemudian uji pencampuran di unit pencampur aspal, uji penghamparan dan pemadatan di lapangan. Untuk keperluan perencanaan campuran beraspal panas di laboratorium diperlukan contoh agregat, *filler* (bila perlu) yang cukup untuk pengujian. Mutu agregat harus baik sehingga kalau di campur dengan aspal dan kemudian dipadatkan dapat menghasilkan mutu campuran yang baik. Persyaratan agregat tergantung dari jenis campuran yang diinginkan.

2.4.1 Marshall Properties.

Alat *Marshall* merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan *proving ring* (cincin penguji) 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 inchi (10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi (6,35 cm).

Secara garis besar 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 antara lain:

1. Jumlah benda uji yang disiapkan.
2. Persiapan agregat yang akan digunakan.
3. Penentuan temperatur pencampuran dan pemadatan.
4. Persiapan campuran aspal beton.
5. Pemadatan benda uji.
6. Persiapan untuk pengujian *Marshall*.

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

2.5 Limbah Ban Bekas

1. Pengertian Ban

Pengertian Ban adalah material komposit, biasanya dari karet alam / karet isoprena yang digunakan untuk ban sepeda motor ,ban truk dan ban mobil penumpang seperti pada sabuk tapak, sidewall, carcassply, dan innerliner. Ban bekas adalah suatu jaringan tiga dimensi atau suatu produk ikatan silang dari karet alam dan karet sintetis diperkuat dengan carbon black yang menyerap minyak encer (Warith, 2006).

2. Kandungan Ban

Ban memiliki kandungan karet alam 44.32%, campuran butadiene 15.24%, minyak aromatik 1.85%, unsur karbon hitam 30.47%, stearic acid 1.07%, antioksidan 0.83%, dan sulfur 1.42% (Balaguru dkk, 2011)

Material pendukung yang fungsinya menambah performa ban adalah terdiri dari susunan: karbon, silika, sulfur, akselerator, aktivator, antioksidan, dan tekstil. (Spelman, 1998).

Pada proses produksinya, ada 3 jenis karet sintetis yang saat ini digunakan pada ban yaitu :

a. Styrene

Merupakan karet sintetis yang sangat populer dikalangan produsen ban. Biasanya dikenal dengan Styrene Butyl Rubber (SBR).

b. Polybutadiene

Merupakan karet sintetis tambahan yang mulai digunakan pada ban standar. Karet sintetis jenis ini adalah kemampuannya yang menahan penyerapan panas berlebihan dari sebuah ban.

c. Halobutyl Rubber

Karet sintetis yang sering digunakan untuk ban-ban tubless. Unsur halogen yang terkandung didalamnya saling mengikat dengan unsur ban sintetis standar lainnya. Karet sintetis ini menggantikan peran ban dalam

3. Karakteristik Ban Bekas Kendaraan

Ban terdiri dari bahan karet atau polimer yang sangat kuat diperkuat dengan serat-serat sintetik dan baja yang sangat kuat yang dapat menghasilkan suatu bahan yang mempunyai sifat-sifat unik seperti kekuatan tarik yang sangat kuat, fleksibel, ketahanan pergeseran yang tinggi (Warith, 2006).

2.6 Hasil Hasil penelitian Terdahulu

Dari hasil penelitian terdahulu meliputi 20 jurnal adalah sebagai berikut:

1. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan Limbah Ban Karet Sebagai Bahan Tambah Pada Beton AC-WC Dengan Filler Gypsum. Dicky Firmansyah Diterbitkan Bandung, 5 November 2019 ISSN 2477-00-86 pada tahun (2018) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Indonesia Penelitian ini dilakukan dengan 4 tahapan pelaksanaan. Itu Tahap pertama adalah menentukan

karakteristik material yaitu aspal, karet ban, filler, agregat. Langkah kedua adalah membuat benda uji untuk menentukan Kadar Aspal Optimum (KAO). Tahap ketiga adalah membuat benda uji pada OEC dengan variasi kadar aspal karet 3%, 5%, dan 7% serta Gypsum filler dengan variasi kadar 5%, 5,5%, 6%, 6,5%, dan 7%. Itu Langkah terakhir adalah pengujian Standar Marshall, Pengujian Permeabilitas, dan pengujian Cantabro Loss di KAO. Kemudian dilakukan analisis untuk menarik kesimpulan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Marshall Standard karakteristik menggunakan penambahan kadar karet menurunkan nilai stabilitas, dan MQ dan peningkatan nilai aliran. Sedangkan kadar pengisi Gypsum meningkatkan nilai kestabilan pada taraf 5% menjadi 6% kemudian pada level 6,5% dan 7% menurun. Sedangkan nilai aliran meningkat dan nilai MQ menurun. Penurunan stabilitas terbesar pada kadar karet 7% dan pengisi gipsium 7%, pada aliran Nilai kenaikan terbesar mengalami kenaikan kadar karet 7% dan pengisi gipsium 7% terbesar penurunan nilai MQ pada kadar karet 7% dan pengisi gipsium 7%. Hasil pengujian permeabilitas menggunakan tambahan kandungan karet dan pengisi gipsium menunjukkan indikator drainase yang buruk. Hasil dari Uji cantrabo menggunakan penambahan kandungan karet dan pengisi gipsium mengalami penurunan persentase penurunan berat badan.

2. Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Ban Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Stabilitas Lapisan AC-WC “Penelitian ini dilakukan oleh Kevin Libra Putra, Rachmat Yugo Prakoso, Hamdi,Zainuddin Muchtar pada tahun (2019) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Politeknik Negeri Sriwijaya Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis karakteristik campuran Aspal Beton Lapisan (AC-WC) yang mengandung butiran/limbah serbuk ban dan membandingkan dengan campuran beraspal tanpa limbah serbuk ban. Metode pencampuran yang digunakan dalam penelitian ini adalah batas tengah gradasi campuran AC-WC dalam persyaratan Bina Marga. Berdasarkan analisis Marshall diperoleh kadar aspal optimum campuran 0% limbah serbuk ban adalah 5.49%, campuran dengan 50% limbah serbuk ban sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 30 memiliki kadar aspal optimum 5.75% dan campuran dengan 100% limbah serbuk ban sebagai pengganti agregat pada fraksi No. 30 memiliki kadar aspal optimum 6.05%. Hasil pengujian Marshall Immersion menunjukkan indeks kekuatan sisa campuran AC-WC dengan 50% limbah serbuk ban sebagai pengganti sebagian agregat pada fraksi No. 30, memiliki nilai yang terbesar yaitu 95.49%. Campuran optimum diperoleh pada campuran yang mengandung serbuk ban bekas sebagai pengganti fraksi No. 30 sebanyak 56% sebesar 95.645%

3. Dalam penelitian yang berjudul “Pengaruh Penambahan Limbah Ban dalam Kendaraan dan Filler Limbah Karbit Pada Laston AC-BC Terhadap Karakteristik Marshall” Penelitian ini dilakukan oleh Fauzi Satyagraha pada tanggal 3 Desember 2018. Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri Yogyakarta. Dalam jurnal ini penulis melakukan penelitian dengan metode penelitian yang digunakan yaitu limbah ban dalam kendaraan dan filler limbah karbit dengan variasi yang berbeda yaitu 0% ,2% ,3%, dan 4% kemudian di Uji menggunakan campuran AC-BC dan di uji menggunakan metode marshall untuk mendapatkan nilai dari kepadatan (Density).VIM, VMA, VFA, Flow ,Stabilitas dan MQ (Marshall Quotient).Semakin bertambahnya kadar ban karet bekas kendaraan maka akan meningkatkan nilai VIM,VMA Stabilitas dan juga MQ sedangkan nilai kepadatan VFA dan Flow semakin menurun ,penambahan paling efektif adalah pada kadar 3% dengan kepadatan sebesar 2,23% gr/cc, nilai VIM sebesar 6,62% nilai VMA 14,61% nilai VFA sebesar 54,81% nilai Flow 3,23 mm ,nilai Stabilitas 3071,37 kg serta nilai MQ sebesar 954,61 kg/mm secara keseluruhan ,ban karet bekas kendaraan dan filler limbah karbit terhadap karakteristik marshall.
4. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan Limbah Ban Karet Bekas Kendaraan Pada Laston Terhadap Karakteristik Marshall. Penelitian ini dilakukan oleh Ardelina Ayu Rhimadani pada tahun (2019) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Negeri

Yogyakarta Dalam jurnal ini penulis melakukan penelitian dengan metode penelitian yang digunakan yaitu menggunakan bahan tambah serbuk ban bekas kendaraan dengan kadar yang berbeda, yaitu: 0%, 2%, 4%, dan 6%. Serbuk ban yang digunakan adalah serbuk ban yang diperoleh dari hasil vulkanisir dan kemudian diayak lolos mesh #60. Masing-masing variasi kadar serbuk ban bekas kendaraan dibuat 3 sampel benda uji dengan total 12 benda uji. Pembuatan benda uji menggunakan campuran AC-BC kemudian diuji dengan menggunakan metode *marshall* untuk mendapatkan nilai kepadatan, VIM, VMA, VFA, *flow*, stabilitas, dan MQ. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa (1) penambahan serbuk ban bekas kendaraan mempengaruhi nilai karakteristik *marshall* (2) dari pengujian kepadatan, stabilitas, dan *flow* diperoleh nilai tertinggi pada kadar 2%, dari pengujian VIM, VMA, dan MQ diperoleh nilai tertinggi pada kadar 0%, semakin tinggi kadar serbuk ban bekas kendaraan, maka nilai VIM, VMA, dan MQ semakin rendah, dari pengujian VFA diperoleh nilai tertinggi pada kadar 6%, semakin tinggi kadar serbuk ban bekas kendaraan, maka nilai VFA semakin tinggi juga (3) nilai VMA, stabilitas, *flow*, dan MQ

5. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Limbah Ban Bekas Sebagai Bahan Ganti Aspal Pada Perkerasan Jenis (Laston) Lapis (AC-WC) Menggunakan Uji Marshall . Penelitian ini dilakukan oleh An Nazzam Al Baqilani pada tahun (2019) Fakultas Teknik Jurusan

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purwokerto. Dalam penelitian ini penulis melakukan penelitian dengan variasi 0%, 1%, 2%, 3%, 4%, 5%, dan 6% dibuat benda uji sebanyak 3 buah tiap variasi, menggunakan metode perkerasan Lapis Aspal Beton (LASTON) lapis Asphalt Concrete-Wearing Course (AC-WC), dengan kadar aspal rencana (Pb) 5,55%. komposisi campuran ban bekas terbaik yang dihasilkan melalui uji Marshall dari 7 variasi sampel didapatkan hasil terbaik pada kadar ban bekas 1% dengan nilai VIM 4,88 %, nilai VMA 16,55%, nilai VFA 70,56%, nilai Stabilitas Marshall 1886,13 Kg, nilai kelelahan (Flow) 3,43 mm, nilai Marshall Quotient (MQ) 546,27 Kg/mm

6. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Campuran Limbah Ban Bekas Terhadap Lapisan HRS (hot rolled sheet) Dengan Penetrasi 60/70” Penelitian ini dilakukan oleh Julio Mahendra Putra pada tahun (2019) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Purwokerto Penelitian ini dilakukan dengan variasi 0%, 2.5%, 5%, 7.5%, 10% dibuat benda uji sebanyak 3 buah variasi, menggunakan metode perkerasan Lapisan Tipis Aspal Beton (LASTON) lapis Hot Rolled Sheet – Wearing Course (HRS-WC) , dengan aspal rencana (Pb) 6,4%. Komposisi campuran ban bekas terbaik yang dihasilkan melalui uji Marshall dari 5 variasi sampel didapat hasil terbaik pada kadar ban bekas 5% dengan nilai nilai VIM 4,46%, Nilai VMA 22,03%, nilai VFA 79,75%, nilai rerata Stabilitas

Marshall 1872,40 kg, nilai rerata Kelelehan (Flow) 3,50 mm, dan nilai rata rata Marshall Quotient (MQ) 535,14 kg/mm

7. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Substitusi Limbah Karet Ban Dalam Sebagai Pengganti Aspal Pada Campuran Laston Lapis AC-WC. Penelitian ini dilakukan oleh Yoanda permana, Hendri Warman, Veronika Pada tahun (2020) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Bung Hatta Padang Campuran ini terdiri dari agregat kasar, agregat halus, filler dan aspal, dimana aspal akan diganti dengan limbah ban bagian dalam dengan persentase pencampuran 0,5%, 1%, 1,5%, 2%, 2,5% dari berat total kebutuhan aspal masing-masing. Variasi pencampuran dibuat dari 3 (tiga) spesimen. Pada penelitian ini nilai Konsentrasi Aspal Optimum adalah 5,5%. Kemudian dilakukan pengujian Marshall Test dan dilakukan analisis nilai densitas, VMA, VIM, VFA, stabilitas, Flow dan Marshall Quetiens. Dapat dilihat dari nilai densitas dimana standar aspal memiliki nilai 2,280 gr / cc, sedangkan pada pencampuran limbah karet ban dengan variasi 0,5% nilai densitasnya adalah 2,262 gr / cc, dan pada pencampuran limbah karet ban dengan a variasi 2.5% nilai densitasnya adalah 2.225 gr / cc. Dapat disimpulkan bahwa penggunaan campuran limbah ban karet pada nilai densitasnya mengalami penurunan terhadap aspal standar.
8. Dalam penelitian yang berjudul “Mix Design Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Dengan Menggunakan Fly Ash Batu Bara

Sebagai Pengganti Filler “Penelitian ini dilakukan oleh Hasmiati diterbitkan Jurnal Stabilita Vol. 2 No. 1 Januari 2014 pada tahun (2014) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Haluoleo Kampus Hijau Bumi Tridharma Anduonohu. Metode yang digunakan adalah metode eksperimen yaitu dengan suatu percobaan untuk mendapatkan hasil, dengan demikian akan terlihat pemanfaatan Filler Fly Ash pada campuran AC-WC dengan variasi kadar Fly Ash 1%, 1,5%, dan 2% dengan 0% sebagai pembanding terhadap total campuran hasil. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan Fly Ash batu bara akan mempengaruhi campuran AC-WC. Semakin banyak Fly Ash batu bara yang digunakan, maka nilai stabilitas, Marshall Quetions, flow, VFA, dan VMA semakin tinggi. Untuk penambahan kadar Filler Fly Ash 1% nilai stabilitas yang didapatkan sebesar 1443,69 kg, pada saat kadar Filler Fly Ash ditambahkan sampai kadar 2%, nilai stabilitas meningkat menjadi 1624,74 kg, Untuk Kadar Aspal Optimum (KAO) diperoleh 0% = 5,75%, 1% = 5,80%, 1,5% = 5,85% dan 2% = 5,90%.

9. Dalam penelitian yang berjudul Ketahanan Campuran Ac-Wc Menggunakan Lateks Terhadap Air. Penelitian ini dilakukan oleh Adi Indra Pratama Nurul Hidayati, Sri Sunarjono Jurnal Transportasi Vol. 20 No. 2 Agustus 2020: 125–136 pada tahun (2020) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta Penelitian ini menggunakan uji skala laboratorium. Kekuatan tarik benda uji AC-

WC dengan lateks diuji menggunakan uji Indirect Tensile Strength (ITS). Benda uji yang lain direndam dalam air bertemperatur 60⁰C dengan sistem rendaman menerus dan rendaman berkala. Metode perendaman secara menerus dilakukan selama 0, 24 jam, 48 jam, dan 72 jam, sedangkan rendaman secara berkala dilakukan 12 jam direndam dan 12 jam diekspose secara bergantian. Tingkat keawetan dianalisis menggunakan indikator Indeks Kekuatan Sisa (IKS). Hasil analisis menunjukkan bahwa penambahan lateks meningkatkan kekuatan tarik campuran AC-WC berdasarkan hasil uji ITS. Ketahanan terhadap perendaman menerus dan berkala, campuran AC-WC menggunakan lateks meningkat, dengan meningkatnya indeks kekuatan sisa dan menurunnya IKS dengan bertambahnya lama rendaman. Perendaman secara menerus memberi dampak yang lebih besar dalam menurunkan IKS dibanding perendaman berkala. Pada benda uji tanpa lateks, penurunan nilai IKS antara rendaman menerus dan rendaman berkala memiliki pola yang sama, namun pada benda uji dengan lateks pola penurunan nilai IKS berbeda.

10. Dalam penelitian yang berjudul Pemanfaatan Serat Eceng Gondok Sebagai Campuran Dalam Laston Tipe Vi Sni 03-1737-1989 Ditinjau Terhadap Marshall Properties. Penelitian ini dilakukan oleh Intan Ayu Permata Sari Pada tahun (2018) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan. Proses pembuatan Beton Aspal Tipe VI diawali dengan pembuatan eceng gondok sederhana. serat dan

menghitung rumus campuran pekerjaan yang mengacu pada standar. Dilanjutkan dengan tahapan pengujian material Beton Aspal Tipe VI (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 dengan 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%

11. Dalam penelitian yang berjudul Karakteristik Campuran Asphalt Concrete–Wearing Course (AC-WC) Dengan Penggunaan Abu Vulkanik Dan Abu Batu Sebagai Filler. Penelitian ini dilakukan oleh Hadi Ali Pada tahun (2011) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Lampung Dalam penelitian ini jenis filler yang digunakan adalah abu vulkanik dan abu batu sebagai pembandingnya. Sebelum dilakukan pengujian Marshall pada campuran, dilakukan pengujian terhadap material yang digunakannya. Hasil pengujian berat jenis pada filler abu vulkanik adalah 2,819 gr/cm³ dan 2,351 gr/cm³ untuk abu batu, sedangkan material lolos 75 mikron pada filler abu vulkanik dan abu batu diambil 100%. Kadar aspal rencana yang digunakan baik

pada campuran dengan filler abu vulkanik maupun abu batu adalah $P_b = 5,5\%$ dengan rentang kadar aspal rencana 4,5% ; 5% ; 5,5% ; 6% dan 6,5%. Setelah dilakukan uji Marshall dengan kadar aspal rencana, seluruh sifat Marshall pada uji standar 2x75 tumbukan telah memenuhi spesifikasi yang disyaratkan. Hasil yang diperoleh adalah Kepadatan dan Stabilitas Marshall dengan abu vulkanik memiliki nilai lebih tinggi dari pada campuran dengan abu batu. Pada seluruh rentang kadar aspal, nilai flow campuran dengan filler abu batu lebih tinggi dari pada campuran dengan filler abu vulkanik. Nilai tertinggi pada abu batu sebesar 4,667 mm, sedangkan abu vulkanik sebesar 4,2667 mm. Marshall Quotient untuk kedua jenis filler, nilai terendah terjadi pada kadar asp.

12. Dalam penelitian yang berjudul Studi Penggunaan Limbah Las Karbit Untuk Bahan Tambah Pada Perkerasan Laston Gradasi AC-WC. Penelitian ini dilakukan oleh Shezy Nurhayati Permana pada tahun (2016) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Institut Teknologi Nasional 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 %.

13. Dalam penelitian yang berjudul Penambahan Serat Enceng Gondok Terhadap Campuran Hrs-Ac. Penelitian ini dilakukan oleh Ronald Andreawan pada tahun (2017) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan Metode penelitian yang digunakan yaitu pembuatan *Job Mix Formula* (JMF) dengan kadar aspal 6,5% , pembuatan briket 9 buah, pengujian Marshall (*Marshall Stabiity* dan *flow*). Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan hasil tiga jenis sampel tersebut diketahui bahwa nilai Stabilitas dan *Flow HRS-AC* yang di hasilkan masih di bawah campuran *HRS-AC* asli dengan stabilitas 1114,84 dan *flow* 2,0 sedangkan penggunaan serat enceng gondok dengan persentase 0,5% dengan stabilitas 1114,84, jadi penambahan serat enceng gondok belum bisa di buat campuran *HRS-AC*.
14. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Penambahan Serat Enceng Gondok Pada Campuran Hot Rolled Asphalt Ditinjau Pada Nilai-Nilai Prospertis. Penelitian ini dilakukan oleh Asep Hanggariska pada tahun (2016) Fakultas Tenik Jurusan Teknik Sipil Universitas Islam Lamongan Metode penelitian yang digunakan yaitu variasi penambahan serat enceng gondok adalah 0,1%, 0,3%, 0,5%, 0,7%, 0,9%. Pembuatan briket dibuat sebanyak 5 buah untuk masing-masing variasi kadar aspal dan variasi penambahan serat selulosa. Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan: karakteristik Marshall pada campuran *HRA* dengan menggunakan serat enceng gondok menjadi lebih kuat, dengan hasil test yang telah dilakukan kuat tekan (stabilitas

marshall) cenderung tinggi dan memiliki tingkat kelelahan (*flow*) yang lebih rendah, bila dibandingkan dengan campuran *HRA* tanpa menggunakan bahan pengisi serat enceng gondok; kemudian yang kedua setelah dilakukan percobaan varian kadar aspal, kadar aspal optimum campuran *HRA* dengan bahan pengisi serat enceng gondok jatuh pada kadar aspal 7 % dimana campuran *HRA* dengan kadar aspal 7% memiliki hasil yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan campuran *HRA* dengan kadar aspal lebih kecil atau lebih tinggi

15. Dalam penelitian yang berjudul Studi Pengaruh Penambahan Roadcel 50 Terhadap Karakteristik Campuran Lapis Tipis Beton Aspal (Hrs-WC). Penelitian ini dilakukan oleh Mashuri, Rahmatang Rahman, dan Hamdani Basri pada tahun(2011) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Tadulako Palu Metode penelitian yang digunakan yaitu pembuatan benda uji dengan variasi *Roadcel-50* : 0,1%, 0,2%, 0,3%, 0,4%, kemudian dilakukan pengujian VIM 7% dengan variasi tumbukan: 40, 50, 60 dan 75 lalu dilakukan pengujian *Marshall*. Pada penelitian ini diperoleh kesimpulan semakin banyak kadar *Roadcel-50* di dalam campuran HRS-WC akan meningkatkan nilai KAOnya, nilai stabilitas dan stabilitas sisa campuran HRS-WC semakin tinggi seiring bertambahnya kadar *Roadcel* di dalamnya, nilai VFB campuran HRS-WC cenderung menurun seiring bertambahnya kadar *Roadcel-50* sebagai akibat VMA semakin sedikit Terisi Oleh Aspal.

16. Dalam Penelitian Yang Berjudul Pengaruh Limbah Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate) Terhadap Nilai Kadar Aspal Optimum Campuran Ac-Wc. Penelitian ini dilakukan oleh Franky E. P Bandung, telah diterbitkan jurnal 5 November 2019 | ISSN 2477-00-86 pada tahun (2019) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Hasanuddin Penelitian ini berbentuk uji eksperimental di laboratorium. Asbuton modifikasi tipe Retona Blend 55 digunakan sebagai bahan pengikat. Kadar Asbuton modifikasi yang digunakan adalah 5,0, 5,5 ,6,0, 6,5, 7,0 dan 7,5% sedangkan variasi kadar limbah plastik yang digunakan adalah 0,0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0 dan 2,5% sebagai bahan tambah dari berat total agregat. Pengujian karakteristik Marshall digunakan untuk menentukan kadar aspal optimum campuran AC-WC yang terdiri dari stabilitas, flow, Marshall quotient, VIM, VMA dan VFB.
17. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Kepadatan Dan Temperatur Campuran Asphalt Concrete Wearing Course (AC-WC) Diperkuat Geogrid Terhadap Lendutan Menggunakan Uji Beam Bending. Penelitian ini dilakukan oleh Senja Rum Harnaeni ,diterbitkan Simposium Nasional RAPI XII - 2014 FT UMS ISSN 1412-9612 pada tahun (2014) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Surakarta Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kepadatan dan temperatur beton aspal AC-WC yang diperkuat geogrid dalam menahan lendutan akibat beban

kendaraan. Pengujian kinerja campuran AC-WC tanpa perkuatan geogrid dan dengan menggunakan perkuatan Geogrid yang diregangkan (dengan variasi regangan 2%, 4% dan 6%) dengan alat Marshall yang dimodifikasi (beam bending). Sampel untuk pengujian Beam Bending berupa beton aspal berbentuk plat ukuran 385x63x50 mm³. Kegiatan yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menguji campuran beton aspal AC-WC dengan alat Marshall yang dimodifikasi untuk mengukur lendutan maksimum. Faktor-faktor yang ditinjau dalam penelitian ini adalah faktor kepadatan beton aspal dan faktor temperatur perkerasan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa : Campuran Asphalt Concrete Wearing Course mempunyai kadar aspal optimum 6,7 % terhadap total campuran, Semakin padat campuran ACWC dan semakin rendah temperatur ACWC kemampuannya menahan beban statis cenderung semakin baik, hal ini ditunjukkan dari lendutan yang terjadi makin kecil pada kepadatan yang lebih tinggi serta pada temperatur yang lebih rendah, Semakin tinggi temperatur campuran AC-WC semakin kecil pengaruh kepadatan terhadap kemampuan AC-WC dalam menahan beban statis, geogrid yang dipasang di dalam lapisan AC-WC mampu memberikan tambahan ketahanan terhadap kemampuan menahan beban statis (memperkecil lendutan) serta semakin besar regangan yang diberikan kepada geogrid saat pemasangan memberikan kemampuan menahan beban statis yang semakin baik.

18. Dalam penelitian yang berjudul Penggunaan Bahan Additive Wetfix-Be Sebagai Bahan Tambahan Pada Lapis Permukaan AC-WC. Penelitian ini dilakukan oleh Abdul Kholiq, Taufik Hidayatullah pada tahun (2017) Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Majalengka Penambahan bahan additive dengan dosis pemakaian hanya 0,2 – 0,5% dari berat aspal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh bahan additive tambahan wetfix-Be menggunakan metode marshall pada lapis permukaan Asphalt Concrete Wearing Coarse (AC-WC) dan mendesain Job Mix Formula (JMF) dalam membuat campuran aspal lapis aus permukaan AC-WC yang merupakan spesifikasi baru yang dikeluarkan oleh Direktorat Jenderal Bina Marga. Pengujian Marshall dilakukan untuk menentukan kadar aspal optimum yang sesuai dengan spesifikasi campuran dari bina marga. Pembuatan benda uji marshall dibuat variasi kadar aspal yaitu 5,0%, 5,5%, 6,0%, 6,5%, 7,0% masing-masing sebanyak 3 buah. Berat benda uji marshall campuran kira-kira 1200 gram. Proses pemadatan benda uji marshall dilakukan pemadatan 75 kali bolak balik. Hasil Penelitian didapatkan kadar aspal optimum sebesar 6,2% pada lapis permukaan AC – WC menggunakan aspal Penetrasi 60/70. Pemakaian bahan additive anti striping Wetfix-Be dosis pemakaiannya 0,25% dari berat aspal. Meskipun dosis pemakaiannya hanya sedikit tapi hasil dari pengujian marshall dapat meningkatkan nilai stabilitas, kepadatan VFB dan MQ.

19. Dalam penelitian yang berjudul Evluasi Gradasi Agregat Pada Campuran AC-WC Menggunakan Teori Fractal. Penelitian ini dilakukan oleh Isnanda , Sofyan M. Saleh , Muhammad Isya. Telah diterbitkan ISSN 2088-9321 ISSN e-2502-5295 pp. 637 - 646 Nomor 3, Januari, pada tahun 2018 Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Agregat berperan penting dalam pembentukan lapis perkerasan karena merupakan komponen utama dari campuran aspal yaitu 80% dari volume, dan 95% dari berat total campuran. Gradasi adalah salah satu sifat agregat yang mempengaruhi kekuatan perkerasan. Teori fractal digunakan untuk menggambarkan secara kuantitatif kompleksitas geometris dan kemampuan mengisi ruang suatu objek tertentu yang diharapkan mampu mengoptimalkan kinerja campuran. Pada penelitian ini, jenis campuran yang digunakan adalah aspal beton (AC-WC). Campuran AC-WC dibuat dengan gradasi yang berbeda, yaitu; gradasi yang memiliki persentase lolos saringan mendekati spesifikasi batas atas, tengah, dan bawah. Setiap gradasi dianalisis nilai fractalnya dan didapatkan nilai fractal 2,5420 untuk gradasi atas, 2,4998 untuk gradasi tengah, dan 2,4113 untuk gradasi bawah. Semakin besar nilai fractal, maka semakin banyak jumlah fraksi agregat halus. Setiap gradasi dibuat benda uji, dan diuji marshall. Dari hasil pengujian, dilakukan kembali perhitungan dengan menggunakan simulasi secara matematis untuk mendapatkan nilai VIM yang sesuai dengan persyaratan, yaitu 3%-5%. Dapat disimpulkan bahwa nilai

fractal gradasi atas yang memiliki karakteristik rongga udara memenuhi spesifikasi berkisar antara 2,5419 sampai 2,5422, gradasi tengah berkisar antara 2,4997 sampai 2,4998, dan gradasi bawah berkisar 2,4111 sampai 2,4115

20. Dalam penelitian yang berjudul Pengaruh Substitusi Polystyrene (Ps) Dan Abu Arang Tempurung Kelapa Sebagai Filler Terhadap Karakteristik Campuran AC-WC. Penelitian ini dilakukan oleh Indira, Alvin Marpaung, Bagus Hario Setiadji, Supriyono pada tahun (2017) Fakultas Teknik Universitas Diponegoro. Kekuatan beton aspal dipengaruhi oleh sifat-sifat dari material campuran. Campuran aspal dapat dimodifikasi dengan menambah beberapa macam zat tambahan, mulai dari aditif bahan kimia, bahan alam, dan sisa limbah. Salah satu bahan limbah yang banyak ditemui dan juga sulit untuk diurai oleh alam adalah limbah plastik. Salah satu cara untuk memanfaatkannya dengan menggunakan sebagai bahan tambahan pada campuran beraspal. Campuran ini disebut juga dengan aspal modifikasi polimer. Pada penelitian ini bahan polimer yang digunakan dari jenis plastik Polystyrene (PS) serta penggunaan abu arang tempurung kelapa sebagai filler pada campuran AC-WC. Abu batu, semen dan fly ash susah didapatkan dan harganya relatif mahal. Abu arang tempurung kelapa memiliki unsur-unsur pada aspal yaitu Carbon non Polar sebesar 91% diharapkan dapat menjadi salah satu alternatifnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh substitusi plastik

dengan cara kering serta penggunaan filler kombinasi abu arang tempurung kelapa dan semen portland terhadap karakteristik Marshall campuran AC-WC. Tahapan awal penelitian ini adalah mencari kadar aspal optimum (KAO). Setelah KAO didapat kemudian dilakukan pembuatan benda uji tanpa substitusi plastik dan dengan substitusi variasi persentase limbah plastik PS 7%, 9%, 11% terhadap berat aspal yang disubstitusikan ke dalam agregat. Hasil penelitian menunjukkan substitusi Plastik PS pada campuran aspal, nilai stabilitas campuran meningkat dibandingkan dengan tanpa substitusi plastik. Nilai stabilitas tanpa substitusi plastik sebesar 1270,24 kg

2.7 Posisi Penelitian

Persamaan Penelitian ini dengan penelitian terdahulu adalah sama sama menggunakan limbah ban bekas dan menggunakan metode eskperimen dan pengujian lab.sedangkan perbedaan antara penelitian yang dilakukan sekarang dengan yang terdahulu sangat berbeda karena dalam proses pengolahan limbah bekas ini dilakukan dengan cara dibakar terlebih dahulu sesuai hasil yang direncanakan dan sebagai bahan campuran aspal AC-WC dengan variasi substitusi limbah bijih ban bekas 0%,3%,6%,8% dari berat aspal.

Tabel 2.5 Persamaan, Perbedaan dan posisi strategis Penelitian

| Verifikasi | Teori Utama | Metode Penelitian | Capaian Yang Diharapkan | Novelty (Kebaruan) |
|-------------------|--|--|---|---|
| Persamaan | Kevin Libra Putra(2019) Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Ban Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Stabilitas Lapisan AC-WC | Eksperimen dan Pengujian lab Kevin Libra Putra(2019) | Penelitian ini melakukan pengujian lab dengan menggunakan campuran limbah ban bekas pada campuran aspal dan Kebanyakan penelitian tersebut hanya fokus terhadap beberapa nilai uji marshall saja. | Penelitian terdahulu umumnya membahas tentang beberapa nilai nilai uji marshall metode lainnya saja penelitian ini memberikan pengetahuan dan ilmu berbagai macam bahan campuran aspal serta metodenya. |
| Perbedaan | Kevin Libra Putra(2019) Pengaruh Penambahan Limbah Serbuk Ban Sebagai Pengganti Agregat Halus Terhadap Stabilitas Lapisan AC-WC | Eksperimen Julio Mahendra Putra (2019) | Penelitian ini melihat pula variasi campuran sebesar 0%,50%,100% | Penelitian ini mencoba untuk membuat sesuatu percobaan yang baru agar biasa memberi manfaat bagi lingkungan sekitar dan mengurangi limbah yang ada |
| Posisi Penelitian | Terdapat perbedaan yang cukup nyata terhadap teori utama dan teori pendukung yang digunakan dalam penelitian ini dibandingkan dengan penelitian te | Metode penelitian ini menggabungkan dengan model uji lab dan eksperimen serta menggunakan uji coba di laboratorium untuk mengetahui hasil fisik dan uji marshall dengan bahan tambah tersebut. | Penelitian ini berusaha untuk mendapatkan hasil yang bagus dan sempurna bentuk fisik yang cukup baik. | Menemukan uji coba terbaru sehingga bisa menemukan dan bisa memanfaatkan limbah limbah dilingkungan sekitar sehingga lebih ekonomis |

Sumber : Rancangan Penelitian, 2021