

**PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL AIR MINERAL SEBAGAI
TAMBAHAN CAMPURAN ASPAL PADA PERKERASAN JALAN
ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC) TERHADAP NILAI
MARSHALL DI PT. PEBANA ADI SARANA.
TUGAS AKHIR**

*Diajukan kepada Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil sebagai salah satu persyaratan
Guna memperoleh Gelar Ahli Madya*



**Oleh :
IGA SEPTHA VIRANI
201711018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK RAFLESIA
2023**

**PEMANFAATAN LIMBAH BOTOL AIR MINERAL SEBAGAI
TAMBAHAN CAMPURAN ASPAL PADA PERKERASAN JALAN
ASPHALT CONCRETE – BINDER COURSE (AC-BC) TERHADAP NILAI
MARSHALL DI PT. PEBANA ADI SARANA**

TUGAS AKHIR



**Oleh :
IGA SEPTHA VIRANI
201711018**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
POLITEKNIK RAFLESIA
2023**

SURAT PERNYATAAN KARYA ASLI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah saya berupa tugas akhir dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Botol Air Mineral sebagai Tambahan Campuran Aspal Pada Perkerasan Jalan Asphalt concrete – Binder Course (AC-BC) terhadap Nilai Marshall di PT. Pebana Adi Sarana”**.

Yang dibuat untuk melengkapi persyaratan menyelesaikan Program Pendidikan Diploma III pada Program Studi Teknik Sipil Politeknik Raflesia, merupakan karya asli saya dan sejauh saya ketahui bukan merupakan tiruan, jiplakan atau duplikasi dari karya ilmiah orang lain yang sudah dipublikasikan dan atau pernah atau dipakai untuk mendapatkan gelar pendidikan dilingkungan Politeknik Raflesia maupun di Perguruan Tinggi lain atau instansi manapun, kecuali yang bagian sumber informasinya dicantumkan sebagaimana mestinya.

Apabila dikemudian hari, hasil karya saya terbukti bukan merupakan karya asli saya, maka saya bersedia menerima sanksi yang diberikan oleh pihak Politeknik Raflesia.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Curup, Agustus 2023
Yang Menyatakan

IGA SEPTHA VIRANI
NPM. 2017110183



**HALAMAN PERSETUJUAN
TUGAS AKHIR**

***Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk menyelesaikan Program Diploma
III (D3) Teknik Sipil dan Telah Diperiksa dan Disetujui***

JUDUL : Pemanfaatan Limbah Botol Air Mineral sebagai
Tambahan Campuran Aspal Pada Perkerasan Jalan
Asphalt concrete – Binder Course (AC-BC) terhadap
Nilai *Marshall* di PT. Pebana Adi Sarana.

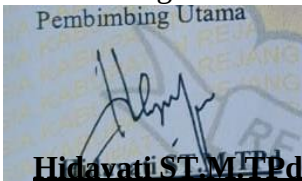
NAMA : IGA SEPTHA VIRANI

NPM : 201711018

PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL

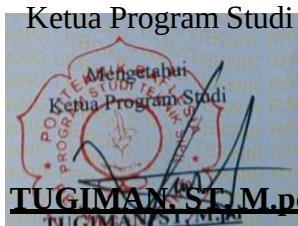
JENJANG : DIPLOMA III

Telah di Periksa dan dikoreksi dengan baik dan cermat, karena itu pembimbingmenyetujui mahasiswa tersebut untuk diuji

Pembimbing Utama
Pembimbing Utama

Hidayati ST, M.TPd
NIDN. 0229107102

Pembimbing Pendamping
Pembimbing Pendamping

Bambang Farizal ST
NIDN. 0204108501

Mengetahui
Ketua Program Studi

TUGIMAN ST, M.pd
NIDN. 0225117501

HALAMAN PENGESAHAN

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan di depan Tim Penguji Tugas Akhir
Program Studi Teknik Sipil
Politeknik Raflesia*

JUDUL : Pemanfaatan Limbah Botol Air Mineral sebagai
Tambahan Campuran Aspal Pada Perkerasan Jalan
Asphalt concrete – Binder Course (AC-BC) terhadap
Nilai *Marshall* di PT. Pebana Adi Sarana.

NAMA : IGA SEPTA VIRANI

NPM 201711018

PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL JENJANG : DIPLOMA III

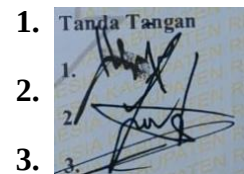
Curup, Agustus 2023
Tim Penguji,

Nama

Ketua : Hidayati ST., M.TPd

Anggota : TUGIMAN, ST, M.pd

Anggota : M. Ali, ST M.Si



Mengetahui Direktur
Mengetahui Direktur



Curup, Agustus 2023
Ketua Program Studi



**LEMBAR PERSETUJUAN PERBAIKAN (Revisi)
TUGAS AKHIR**

NAMA : IGA SEPTHA VIRANI

NPM 201711018

PROGRAM STUDI : TEKNIK SIPIL

JENJANG : DIPLOMA III

JUDUL : Pemanfaatan Limbah Botol Air Mineral sebagai Tambahan Campuran Aspal Pada Perkerasan Jalan *Asphalt concrete – Binder Course* (AC-BC) terhadap Nilai *Marshall* di PT. Pebana Adi Sarana.

Tugas Akhir ini telah direvisi, disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir dan diperkenankan untuk diperbanyak/dijilid

No	Nama Tim Penguji	Jabatan	Tanggal	Tanda Tangan
1.		Ketua		1.....
2.		Anggota		2.....
3.		Anggota		3.....

HALAMAN MOTTO

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.” – QS Ar Rad 11

“Barang siapa keluar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia kembali.” – HR Tirmidzi

Barang siapa menyulitkan (orang lain) maka Allah akan mempersulitnya pada hari Kiamat" (HR Al-Bukhari no. 7152)."

“Orang lain gak akan bisa paham *struggle* dan masa sulitnya kita, yang mereka ingin tahu hanya bagian *success storiesnya*. Berjuanglah untuk diri sendiri walaupun gak ada yang tepuk tangan, kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini’

(Fardiyandi)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Terima kasih kepada Allah SWT yang mana telah memberikan kesehatan jasmani dan rohani sehingga terselesaikannya Tugas Akhir ini, semua ini atas rahmat mu ya Allah. Dan juga kepada orang-orang yang aku sayangi khususnya

Kepada diri saya sendiri terimakasih sudah bertahan sampai detik ini.

Kepada Bapakku Yohanes Seri Kahono beserta Mamakku Warsini, Beliau adalah orang yang membanting tulang untuk memenuhi semua kebutuhanku dari aku tumbuh sampai detik ini terimakasih atas dukungan, do'a, support, dan kasih sayangmu lah karya tulis ini bisa selesai. Sehat selalu dan hiduplah lebih lama lagi bapak dan mamak harus selalu ada disetiap perjalanan dan pencapaian hidup saya. Iloveyou more

Kepada orang tua sambungku Pakde Agus Suwardi dan Makde Sukitri terimakasih telah memberikan semangat , suport serta doa disetiap harinya.

Kepada Adik kandungku Hana Kireina Viramadhan dan mbak"ku Vidhea Prameitha, Fatika Dwi Fitri, M. Nouval Alghazali terimakasih kalian semua telah memberi semangat dan dukungan yang sangat luar biasa setiap harinya.

Kepada keluarga dari bapakku dan mamakku yaitu mbahku pakdeku makdeku oomku bibikku ponakkanku sepupuku mamasku mbakku dan semua keluarga yang telah mendukung dan memberikan support disetiap harinya.

Kepada teman" tetanggaku Miftha, lala, mbak ana, mbak ani, mbak ika, desti dan bik dian yang memberikan suport , dan dukungan kepadaku.

Kepada sahabat ku Andini Putri Pertiwi terimakasih telah menjadi sahabat dan sekaligus keluarga yang selalu ikut andil dalam drama tugas akhir ini dan selalu menyemangati.

Kepada Diko Febriando (koko arozak) sebagai partner sepesial saya dari masuk kuliah sampai sekarang , terimakasih telah menjadi sosok

pendamping , yang menemani , meluangkan waktunya, mendukung ataupun menghibur saya, dan memberi semangat terimakasih telah menjadi *Support system* terbaik sampai saat ini.

Kepada semua Staf PT.Pebana Adi Sarana pak suroto, bang nanda, bang rahmat, bang sandi, bang joy, mas ijal yang telah memberikan arahan serta membantu dalam membimbing penulisan tugas akhir dapat terselesaikan dengan lancar tanpa kesulitan.

Tak lupa ku ucapkan terima kasih kepada sahabat-sahabat ku yang membantu dengan tulus, semangat dari teman-teman sehingga selesainya tugas ini, dan kepada teman-teman seangkatan teknik sipil 2020 saya ucapkan terimakasih.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kehadirat Allah SWT karena atas rahmat dan karunia-Nyalah penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) dengan judul **“Pemanfaatan Limbah Botol Air Mineral sebagai Tambahan Campuran Aspal Pada Perkerasan Jalan Asphalt concrete – Binder Course (AC-BC) terhadap Nilai Marshall di PT. Pebana Adi Sarana.”**

Laporan Tugas Akhir (TA) ini merupakan syarat lulus bagi setiap mahasiswa Politeknik Raflesia untuk dapat menyelesaikan Pendidikannya sehingga dapat meraih gelar Ahli Madya (A.md).Pada Pelaksanaan pembuatan laporan Tugas Akhir (TA) ini penulis banyak menemukan kendala dan kesulitan.oleh karena bantuan dari berbagai pihak,maka penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini sesuai dengan waktu yang diberikan.

Karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu diantaranya :

1. Bapak Raden Gunawan, ST, MT selaku direktur Politeknik Raflesia
2. Bapak Tugiman, ST, M.pd selaku Ketua Prodi Teknik Sipil
3. Ibu Hidayati ST.MT.Pd selaku Dosen pembimbing utama
4. Bapak Bambang Farizal ST selaku Dosen pembimbing pembantu
5. Bapak/Ibu dosen staff pengajar jurusan Teknik Sipil Politeknik Raflesia yang telah banyak memberikan ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
6. Bapak pimpinan beserta staf Laboratorium PT. Pebana adi sarana Curup yang telah membimbing dan memberikan bantuan dalam proses pengujian.
7. Kedua orang tua penulis yang banyak memberikan motivasi,do'a serta semangatnya kepada penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir (TA) ini.
8. Teman-teman mahasiswa Politeknik Raflesia khususnya teman-teman jurusan Teknik Sipil yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini jauh dari kesempurnaan dan masih banyak kekurangannya, oleh karena itu penulis mengharapkan kritikan dan sarannya supaya laporan ini dapat lebih sempurna . penulis berharap semoga laporan ini dapat bermanfaat dan berguna bagi kita semua nantinya.

Curup, Agustus 2023

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL DEPAN.....	
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERSETUJUAN REVISI.....	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vii
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Perumusan Masalah.....	4
1.5 Tujuan Penelitian.....	4
1.6 Kegunaan Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Landasan Teori	6
2.2 Kerangka Pikir	14
2.3 Hipotesis.....	15
BAB III METODELOGI PENELITIAN	
3.1 Desain Penelitian.....	17
3.2 Definisi Operasional.....	19
3.3 Populasi dan Sampel	21
3.4 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data	21
3.5 Teknik Analisa Data.....	23
BAB IV PEMBAHASAN MASALAH	
4.1 Deskripsi Objek Penelitian	32
4.2 Hasil analisa data dan Pembahasan	32
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran.....	53
DAFTAR PUSTAKA	54

LAMPIRAN.....	57
----------------------	-----------

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ketentuan sifat campuran laston	9
Tabel 3.1 Notasi benda uji.....	18
Tabel 3.2 Jadwal kegiatan penelitian	19
Tabel 4.1 Pengujian gradasi batu 0,5-1	32
Tabel 4.2 Pengujian gradasi batu 1-2	34
Tabel 4.3 Pengujian abu batu	36
Tabel 4.4 Pengujian semen.....	38
Tabel 4.5 Pengujian gradasi gabungan.....	40
Tabel 4.6 Timbangan bahan rencana campuran	42
Tabel 4.7 Hasil penelitian sifat fisik aspal pen 60/70.....	43
Tabel 4.8 Timbangan marshall.....	44
Tabel 4.9 Berat benda uji	45
Tabel 4.10 Spesifikasi pengujian marshall.....	45
Tabel 4.11 KAO pengujian marshall.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan.....	7
Gambar 2.2 Susunan Lapisan Kaku	8
Gambar 2.3 Susunan Lapisan Komposit	9
Gambar 3.1 Hubungan antar variabel	21
Gambar 3.2 Diagram bagan alir	23
Gambar 4.1 Gambar grafik	42
Gambar 4.2 Kadar bahan optimum 4 variasi aspal	49

ABSTRAK

Iga Septha Virani, Pemanfaatan Limbah Botol Air Mineral sebagai Tambahan Campuran Pada Perkerasan Jalan *Asphalt Concrete-Binder Course* (AC-BC) terhadap Nilai Marshall di PT. Pebana Adi Sarana.
(dibawah bimbingan Hidayati ST.MT.Pd dan Bambang Farizal ST.)

Penelitian ini bertujuan untuk Mengetahui penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah dalam campuran lapis aspal beton AC-BC .dan Mengidentifikasi nilai marshall sebagai karakteristik fisik aspal dari benda uji yang memanfaatkan limbah botol plastik sebagai bahan tambah lapis aspal beton AC-BC.

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan mengadakan kegiatan percobaan di Laboratorium PT. PEBANA ADI SARANA. Adapun penelitian yang dilakukan adalah mengumpulkan data yang ada kaitannya dengan variabel-variabel yang diteliti melalui penelitian pustaka dan penelitian lapangan. Teknik pengumpulan data yang dilakukan adalah observasi dan penelitian kepustakaan. Adapun teknik pengujian yng dilakukan antara lain Kepadatan, VMA, VFB, VIM, Stabilitas, Kelelehan dan MQ (*marshall quetiont*).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan limbah botol air mineral Berpengaruh terhadap nilai karakteristik marshall dimana penambahan paling efektif adalah pada presentase kurang dari 5%, apabila penambahan lebih dari 5% maka nilai VIM, MQ, Kepadatan, dan Kelelehan tidak terpenuhi . penyebab tidak terpenuhinya nilai marshall karena penambahan limbah botol air mineral yang terlalu banyak.

Kata Kunci : Aspal, Botol Mineral, AC-BC

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Jalan merupakan prasarana transportasi yang sangat dibutuhkan masyarakat Indonesia khususnya Provinsi Bengkulu untuk melakukan mobilisasi keseharian, baik dalam bidang ekonomi, sosial budaya, pendidikan, politik, pertahanan, dan lain-lain. Perkerasan jalan yang berkualitas diperlukan untuk menjamin keamanan dan kenyamanan, serta memperlancar kegiatan distribusi barang dan jasa yang menggerakkan roda pembangunan nasional.

Aspal merupakan salah satu material yang digunakan sebagai bahan perkerasan jalan raya, material ini dipilih karena hasil akhirnya yang baik dan nyaman sebagai perkerasan lentur. Salah satu cara untuk mencegah terjadinya kerusakan pada perkerasan jalan akibat beban muatan kendaraan adalah dengan meningkatkan kualitas dan stabilitas perkerasan tersebut. Oleh sebab itu penggunaan bahan tambah (*Additive*) menjadi salah satu alternatif yang digunakan untuk mendapatkan kualitas lapisan perkerasan yang baik.

Untuk menaikkan mutu campuran dengan cara menambahkan bahan *additive* (tambah), yaitu suatu bahan/material tambahan diluar material utama pada aspal beton yang dicampurkan, bertujuan memberikan pengaruh positif didalamnya. Penggunaan botol plastik sebagai kemasan minuman dapat dijumpai dengan mudah pada kehidupan

sehari-hari. Disamping itu negara Indonesia menduduki peringkat kedua dunia penghasil sampah plastik kelaut sehingga pemanfaatan limbah harus dilakukan. Pemanfaatan limbah botol plastik sebagai bahan campuran antara agregat dan aspal untuk meningkatkan kualitas konstruksi lapis perkerasan sehingga diharapkan dapat merekomendasikan penggunaan limbah plastik khususnya botol plastik bekas untuk meningkatkan struktur perkerasan lentur pada campuran AC-BC dan mengurangi penumpukan limbah khususnya Indonesia. Sumanilaga (1017) percaya bahwa teknologi campuran aspal yang menggunakan limbah plastik sebagai campuran aspal memiliki kinerja anti-*deformasi* dan anti-*fatigue* yang lebih baik, dan kendaraan tidak mudah tergelincir, berubah bentuk atau *deformasi* serta tidak mudah retak dalam kondisi basah atau kering.

Mengacu pada hal tersebut maka penulis ingin melakukan pengujian terhadap nilai Marshall lapisan AC-BC yang dimodifikasi dengan penambahan campuran limbah plastik type *polyethylene Terephthalate* (PET) dengan beberapa karakteristik campuran di PT.PEBANA ADI SARANA.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan diatas, maka masalah yang dapat diidentifikasi sebagai berikut:

1. Adanya kualitas aspal jalan yang rendah dan kendaraan yang memiliki beban muatan yang kadang melebihi batas membuat jalan berumur pendek dan cepat rusak,

2. Adanya sampah botol air mineral yang sangat banyak apalagi di indonesia yang tidak dimanfaatkan .

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup Penelitian ini dibatasi agar penelitian ini dapat fokus dan terarah dari tujuan penelitian . maka ditetapkan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Perencanaan campuran menggunakan perencanaan campuran untuk aspal AC-BC.
2. Sumber campuran beton aspal yang dipakai pada penelitian terdiri dari:
 - 1) Aspal pertamina pen 60/70
 - 2) Agregat (kasar,halus, dan abu batu) yang berasal dari Tasikmalaya yang diperoleh darii AMP PT.Pebana Adi Sarana
 - 3) Kadar tambahan limbah botol air mineral yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, dan 15% dari berat total campuran
 - 4) Botol air mineral yang digunakan adalah sampah yang dipotong-potong menjadi bagian kecil
 - 5) Dalam pengujian untuk KAO dengan variasi perkiraan kadar aspal optimum yaitu 5,6%
3. Uji *Marshall Test* terdiri dari uji stabilitas, kelelahan (*flow*), *Marshall Quetient* (MQ) dan uji indek kekuatan sisi

standard dinyatakan dalam uji perendaman *Marshall* selama 14 jam.

4. Pengujian dilakukan terhadap aspal dan campuran AC-BC terhadap berat aspal.
5. Pada penelitian ini plastik *Polyrthylene Terephthalate* (PET) digunakan sebagai filer campuran beraspal.
6. Penelitian yang dilakukan terbatas pada pengujian laboratorium PT.PEBANA ADI SARANA.

1.4 Rumusan Masalah

Dari pembatasan masalah diatas terdapat beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh dari presentase bahan tambah limbah Botol Air Mineral yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15% pada campuran aspal AC-BC terhadap nilai marshall?
2. Apakah penggunaan limbah botol air mineral memberikan pengaruh terhadap karakteristik marshall pada campuran aspal AC-BC?
3. Apakah hasil pengujian marshall dengan bahan tambah botol air mineral sesuai dengan persyaratan Bina Marga?

1.5 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah dalam campuran lapis aspal beton AC-BC .

2. Mengidentifikasi nilai marshall sebagai karakteristik fisik aspal dari benda uji yang memanfaatkan limbah botol plastik sebagai bahan tambah lapis aspal beton AC-BC.

1.6 Kegunaan Penelitian

Dengan penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk memberikan gambaran kepada mahasiswa dan pihak yang terkait mengenai pemanfaatan limbah botol air mineral sebagai campuran aspal.

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan pengetahuan sejauh mana penambahan limbah botol air mineral bisa dijadikan sebagai campuran dalam perkerasan jalan aspal
2. Dapat dijadikan pengetahuan yang luas dalam keteknikan salah satunya dalam bidang perkerasan jalan.
3. Sebagai media alternatif pilihan untuk perkerasan yang lebih ekonomis pada penggunaan bahan campuran dan ramah lingkungan terlebih pada bidang konstruksi jalan.

BAB II

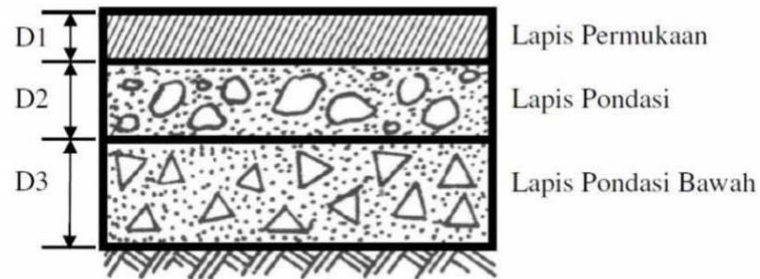
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Landasan Teori

Perkerasan jalan raya adalah bagian dari jalan yang diperkeras menjadi lapisan konstruksi tertentu, dengan ketebalan, kekuatan, kekakuan dan stabilitas tertentu, sehingga beban lalu lintas di atasnya dapat dipindahkan dengan aman ke tanah dasar. Perkerasan jalan adalah lapisan perkerasan antara dasar jalan dengan roda kendaraan, fungsinya untuk memberikan pelayanan sarana transportasi, dan diperkirakan tidak akan terjadi kerusakan besar selama umur pelayanannya.

Menurut Silvia Sukirman (1992), berdasarkan bahan terikat konstruksi perkerasan jalan dibagi menjadi:

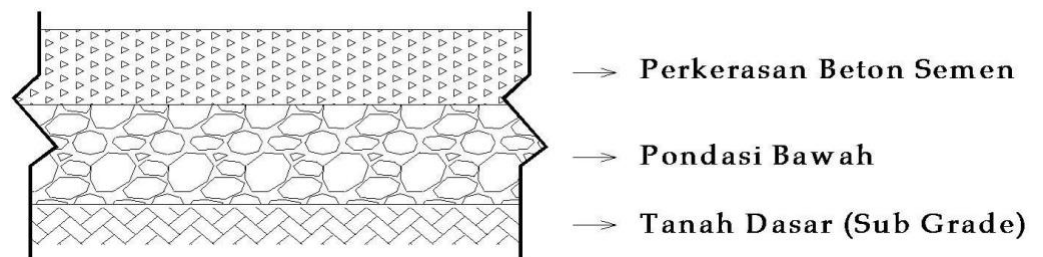
2.1.1 Perkerasan lentur (fleksibel Pavement) adalah perkerasan yang menggunakan aspal sebagai bahan perekat. Contohnya adalah Lapis beton aspal), Lataston (lapisan pada beton aspal), canai panas Aspal (HRA), Hot Rolled Plat (HRS), Split Boswellia aspal (SMA). menaikkan Perkerasan lentur meliputi lapisan permukaan (permukaan Tentu saja), lapisan dasar atas (Kursus Fondasi), Lapisan Fondasi Bawah (kursus sub-dasar) dan lapisan bawah tanah (sub- skor).



Gambar
Susunan Lapis Perkerasan Jalan

Gambar 2.1 Susunan Lapis Perkerasan Jalan

2.1.2 Perkerasan kaku (rigid Pavement) adalah perkerasan yang menggunakan semen (semen Portland) sebagai bahan pengikat. Pelat beton dengan atau tanpa tulangan diletakan diatas tanah dasar dengan atau tanpa lapis pondasi bawah.



Typical Struktur Perkerasan Kaku (rigid pavement)

<https://baturisit.blogspot.com>

Gambar 2.2 Susunan Lapisan Kaku

2.1.3 Perkerasan komposit (*composite pavement*) adalah perkerasan kaku yang dikombinasikan dengan perkerasan lentur dapat berupa perkerasan lentur diatas perkerasan kaku atau sebaliknya.



Gambar 2.3 Susunan Perkerasan Komposit

2.1.4 Lapisan Aspal Beton

Lapis Aspal Beton (Laston) adalah suatu lapisan pada konstruksi jalan raya yang terdiri dari campuran aspal keras dan agregat yang bergradasi menerus, dicampur, dihampar, dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu.

Fungsi lapisan aspal beton (laston) :

1. Sebagai pendukung beban lalu lintas.
2. Sebagai pelindung konstruksi dibawahnya dari kerusakan akibat pengaruh air dan cuaca.
3. Menyediakan permukaan jalan yang rata dan tidak licin.

Sifat-sifat lapisan aspal beton (laston) :

1. Mempunyai stabilitas yang tinggi.

2. Tahan terhadap keausan akibat lalu lintas.
3. Kedap air.
4. Mempunyai nilai struktural.

Laston terdiri dari tiga macam campuran yaitu Laston Lapis Aus (AC-WC), Laston Lapis Pengikat (AC-BC), Laston Lapis Pondasi (AC-BASE) dengan ukuran maksimum agregat campuran adalah 19mm, 25,4mm, dan 37,5mm.

Tabel 2.1. Ketentuan Sifat-sifat Campuran Laston (AC)

Sifat-Sifat Campuran		Laston					
		Lapis Aus		Lapis antara		Pondasi	
		Halus	Kasar	Halus	Kasar	Halus	Kasar
Kadar aspal efektif (%)		5,1	4,3	4,3	4,0	4,0	3,5
Penyerapan aspal (%)	Maks	1,2					
Jumlah tumbukan perbidang		75				112	
Rongga dalam campuran (VIM) (%)	Min	3,5					
	Maks	5,0					
Rongga dalam agregat (VMA) (%)	Min	15		14		13	
Rongga terisi aspal (VBA)	Min	65		63		60	
Stabilitas marshal (kg)	Min	800				1800	
	Maks	-				-	

Pelelehan (mm)	Min	3	4,5
Marshall Quetient (kg/mm)	Min	250	300
Stabilitas marshal sisa (%) setelah perendaman selama 24 jam, 60 c	Min	90	
Rongga dalam campuran (%) pada kepadatan membal (refusal)	Min	2,5	

2.1.5 Bahan Pembentuk Laston

Laston adalah suatu campuran yang terdiri dari agregat dan aspal sebagai bahan pengikat. Agregat / batuan merupakan komponen utama dari lapisan perkerasan jalan yang mengandung 90 – 95 % agregat berdasarkan prosentase berat campuran total.

Berikut adalah penjelasan tentang bahan penyusun laston:

1) Agregat

Berdasarkan Silvia Sukirman, (2003), agregat merupakan butir-buah batu pecah, kerikil, pasir atau mineral lain, baik yang asal berasal alam juga sintesis yg berbentuk mineral padat berukuran besar mau pun kecil atau fragmen. Agregat merupakan komponen primer dari struktur perkerasan perkerasan jalan, yaitu 90% – 95% agregat sesuai persentase berat, atau 75 –85% agregat berdasarkan persentase volume. menggunakan demikian kualitas perkerasan jalan ditentukan juga dari sifat agregat serta akibat campuran agregat dengan material

lain.

1. Agregat Kasar

Agregat kasar adalah material yang tertahan pada saringan No.8 (2,36 mm). Agregat kasar untuk campuran aspal harus terdiri dari batu pecah yang bersih, kuat, kering, bersudut, bebas dari kotoran lempung dan material asing lainnya serta mempunyai tekstur permukaan yang kasar dan tidak bulat agar dapat memberikan sifat interlocking yang baik dengan material yang lain.

2. Agregat halus

Agregat halus adalah agregat dengan ukuran terkecil lolos saringan No.8 (2,36 mm) dan tertahan diatas saringan No.200 (0,075 mm). Agregat halus dapat meningkatkan stabilitas campuran dengan penguncian (interlocking) antara butiran.

3. Bahan pengisi *Filler*

Bahan pengisi (filler) yaitu material yang lolos saringan No.200 (0,075 mm). Bahan filler dapat berupa debu batu, kapur, cement portland. Filler berfungsi untuk mengurangi jumlah rongga dalam campuran.

- 2) Aspal

Aspal adalah material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat, jika dipanaskan sampai

temperatur tertentu aspal dapat menjadi lunak / cair sehingga dapat membungkus partikel agregat yang ada pada waktu pembuatan campuran aspal beton atau dapat masuk masuk ke dalam pori-pori yang ada, jika temperatur menurun aspal akan mengeras dan mengikat agregat pada tempatnya (Termoplastis). Aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan, banyaknya aspal dalam campuran perkerasan berkisar antara 4-10% berdasarkan berat campuran total, atau 10-15 % berdasarkan campuran total. Fungsi aspal pada perkerasan jalan adalah sebagai bahan pengikat dan sebagai bahan pengisi.

2.1.6 Gradasi Agregat

Gradasi atau distribusi partikel- partikel berdasarkan ukuran agregat merupakan hal yang penting dalam menentukan stabilitas perkerasan. Gradasi agregat diperoleh dari hasil analisa saringan, dengan menggunakan satu set saringan, dimana saringan yang paling kasar diletakkan di atas dan yang halus di bawahnya. Gradasi agregat dapat dibedakan atas Gradasi Seragam, Gradasi Rapat, dan Gradasi Buruk.

2.1.7 Bahan Limbah Botol Air Mineral

1. Pengertian

Botol plastik adalah sebuah botol yang terbuat dari plastik. Botol plastik biasanya dipakai untuk menyimpan cairan seperti air, minuman ringan, oli motor, minyak masak, obat, sampo, susu dan tinta.

Ukurannya beragam dari botol sampel yang sangat kecil sampai carboy besar.

2. Botol air mineral PET (*Polyethylene terephthalate*).

Jenis botol plastik yang digunakan dalam penelitian ini adalah botol plastik dengan kode 1 pada bagian bawah botol, yaitu *Polyethylene terephthalate* yang sering disebut PET.

Nurminah, M., dalam Fransiskus, S (2009), menjelaskan *Polyethylene* merupakan film yang lunak, transparan dan fleksibel, mempunyai kekuatan benturan serta kekuatan sobek yang baik. Dengan pemanasan akan menjadi lunak dan mencair pada suhu 110C.

2.1.8 Metode Pengujian Marshall

Rancangan campuran berdasarkan metode Marshall ditemukan oleh Bruce Marshall, dan 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. 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). Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASHTO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

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.

2.2 Kerangka Pikir

Kerangka pikir dalam pemanfaatan limbah botol air mineral sebagai bahan tambahan campuran perkerasan jalan AC-BC terhadap nilai Marshall dapat melibatkan beberapa aspek penting yang perlu dipertimbangkan. Berikut adalah beberapa elemen kerangka pikir yang dapat digunakan dalam pemanfaatan limbah botol air mineral:

1. Pengaruh penambahan limbah botol air mineral terhadap sifat-sifat campuran seperti, stabilitas kekuatan, keausan, kelelahan dan deformasi permanen . dalam hal ini uji tes marshall digunakan untuk mengukur kualitas campuran perkerasan tersebut.
2. Pengaruh dari presentase penambahan limbah botol air mineral sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, pada campuran lapisan aspal

beton terhadap nilai marshal

3. Hasil dari pengujian penambahan limbah botol air mineral harus memenuhi persyaratan teknis dan peraturan yang ditetapkan oleh Lembaga atau otoritas terkait.

2.3 Hipotesis Penelitian

1. Dalam hipotesis ini, diasumsikan bahwa pemanfaatan limbah botol air mineral sebagai bahan tambahan campuran perkerasan jalan akan meningkatkan nilai Marshal. Hal ini didasarkan pada sifat-sifat dari limbah botol air mineral seperti tahan terhadap deformasi, yang dapat meningkatkan ketahanan campuran terhadap beban lalu lintas dan perubahan suhu.
2. Menguji hipotesis ini, penelitian dapat dilakukan dengan mempersiapkan beberapa campuran perkerasan jalan AC-BC dengan komposisi yang berbeda, di mana beberapa campuran menggunakan limbah botol air mineral sebagai bahan tambahan yaitu sebesar 0%, 5%, 10%, dan 15%,. Kemudian, campuran-campuran tersebut dapat diuji menggunakan metode pengujian Marshal untuk mengukur nilai Marshal masing-masing campuran.
3. Hasil pengujian dapat dianalisis statistik untuk membandingkan nilai Marshal dari campuran yang menggunakan limbah botol air mineral dengan yang tidak menggunakan. Jika hipotesis ini terbukti benar, artinya penggunaan limbah botol air mineral dalam campuran perkerasan jalan AC-BC dapat meningkatkan nilai

Marshal, hal ini dapat memberikan manfaat signifikan dalam pengembangan teknik perkerasan jalan yang lebih tahan lama dan berkelanjutan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif. Pengujian yang dilakukan dalam penelitian ini dengan mengadakan kegiatan percobaan di Laboratorium PT. PEBANA ADI SARANA dengan dasar menggunakan sistem pencampuran aspal panas *Asphalt Concrete-Wearing Course* (AC-BC). Dengan panduan *The Asphalt Institute (1997)* yang merupakan dasar dari pembangunan jalan raya dan banyak digunakan oleh Bina Marga. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan antara aspal yang dicampur dengan tambahan limbah botol air mineral dan aspal tanpa bahan tambahan . Adapun tahapan penelitian dimulai dengan mempersiapkan data-data yang diperlukan penyiapan sampel dan alat laboratorium yang akan digunakan.

Berikut ini adalah cara menentukan jumlah benda uji dari masing-masing variable bebas adalah sebagai berikut:

Tabel 3.1 Notasi Benda Uji

Notasi Benda Uji	Kadar Aspal	Jumlah
1	0%	3
2	5%	3
3	10%	3
4	15%	3

Sumber : Hasil Pengujian di Laboratorium PT. Pebana Adi Sarana

3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Aspal PT. Pebana Adi Sarana Desa Tasik Malaya Kecamatan Curup Utara Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu

3.1.2 Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 22 Juni 2023 – 1 juli 2023
Adapun jadwal kegiatan penelitian dijelaskan pada tabel 3.2 dibawah ini.

Tabel 3.2 Jadwal Kegiatan Penelitian

No .	Kegiatan	Juni-Juli									
		22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
1.	Persiapan alat dan bahan										
2.	Pengujian Analisis saringan agregat										
3.	Pencampuran agregat										
4.	Pembuatan benda uji										
5.	Pengujian benda uji										
6.	Data hasil pengujian										

Sumber : Hasil Pengujian di Laboraturium PT. Pebana Adi Sarana

3.2 Definisi Operasional

Variabel penelitian adalah segala sesuatu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga didapatkan sebuah informasi untuk diambil sebuah kesimpulan. Variabel penelitian dibedakan menjadi 3 yaitu :

1) Variabel Bebas

Variabel yang mempengaruhi timbulnya variabel terikat. Variabel bebas yang terdapat pada penelitian ini adalah kadar aspal 6,5.

2) Variabel Terikat

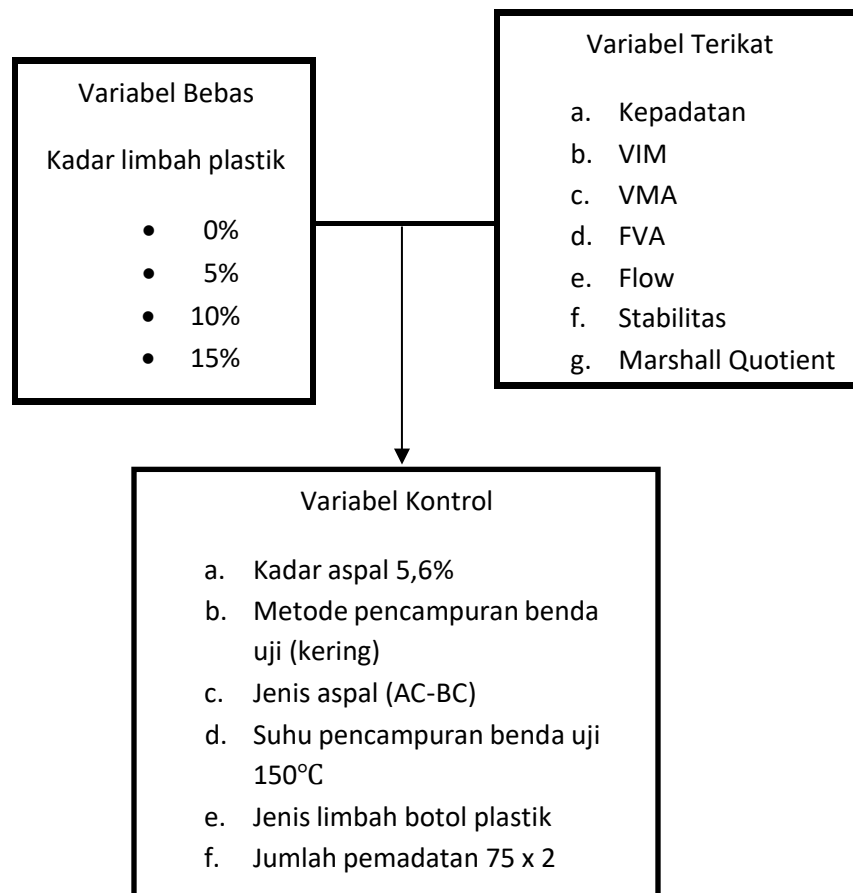
Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas. Variabel terikat yang ada pada

penelitian ini adalah nilai kadar aspal yang ditambah limbah botol plastik dan yang tidak ada bahan tambah botol plastik.

3) Variabel Kontrol

Variabel control adalah konstanta yang digunakan untuk membandingkan variabel lain. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi aspal yang ditambah limbah botol plastik dengan aspal yang tidak ada bahan tambah.

Pada setiap variabel memiliki hubungan satu sama lain . berikut hubungan antara ketiga variable yang dilakukan dalam melakukan eksperimen yaitu:



Gambar 3.1 Hubungan antar Variabel

3.3 Populasi dan sampel

Populasi dan sampel pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

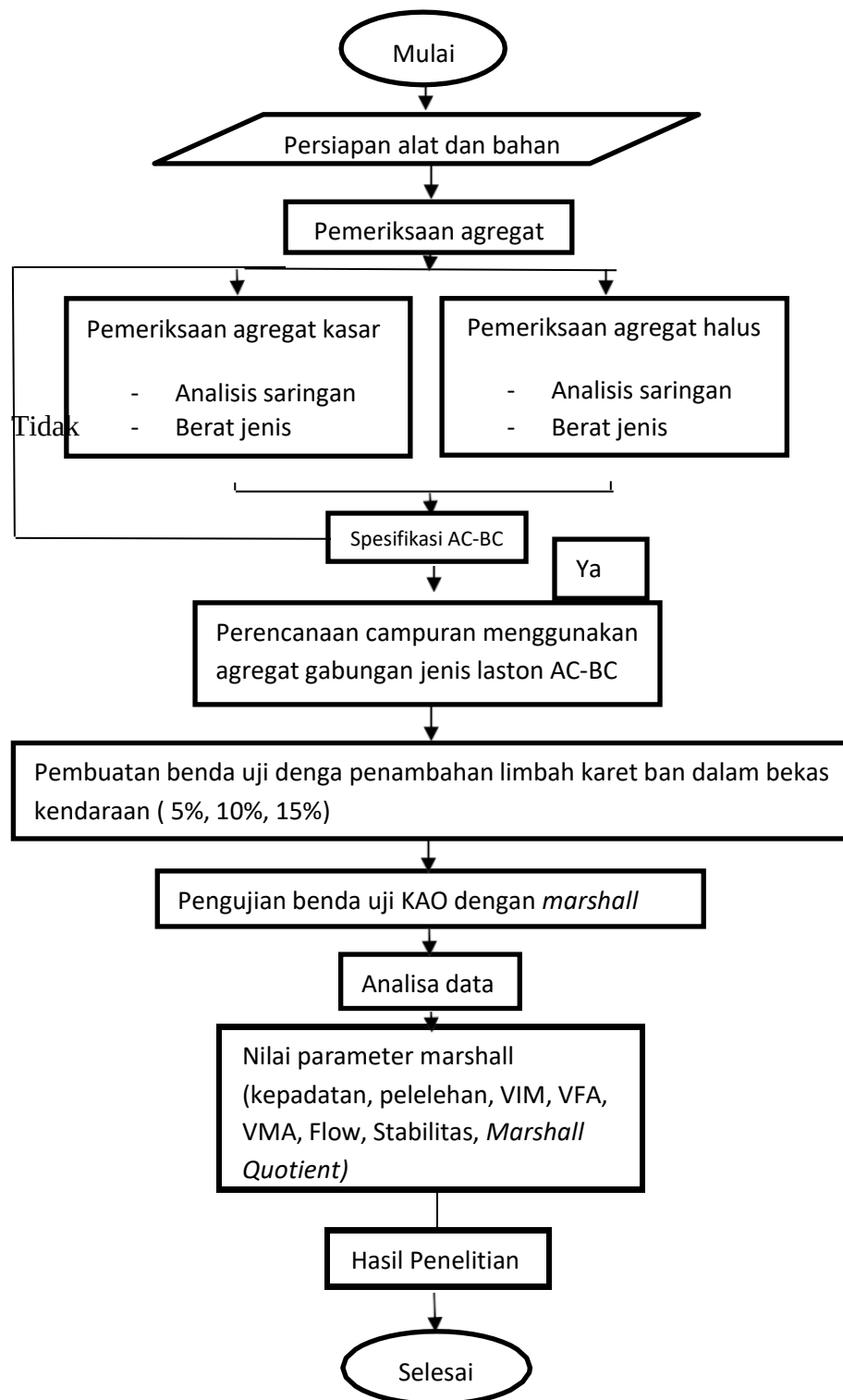
3.3.1 Populasi

Populasi merupakan keseluruhan dari objek penelitian yang menjadi sumber data penelitian . Populasi pada penelitian ini yaitu penggunaan limbah botol plastik sebagai bahan tambah campuran *asphalt concrete-binder course* (AC-BC) terhadap nilai marshall.

3.3.2 Sampel

Sampel merupakan bagian dari populasi yang digunakan untuk mengumpulkan informasi/data yang menggambarkan sifat dan ciri yang dimiliki populasi . Sampel pada penelitian ini yaitu menggunakan limbah Botol Plastik yang terletak di sekitar Kota Curup dan diambil langsung oleh peneliti. Metode pengambilan sampel langsung ke lokasi. Mengubah Botol Plastik menjadi potongan-potongan kecil dengan cara digunting.

3.5.11 Diagram alir



Gambar 3.2 Diagram Bagan Alir

3.4 Instrumen dan Teknik Pengumpulan Data

Ada beberapa cara yang dapat dipergunakan untuk mengumpulkan data, informasi, serta menguji data dan informasi tersebut. Cara-cara pengumpulan data, sebagai berikut :

3.4.1 Observasi penelitian lapangan

Mengamati secara langsung obyek penelitian yang akan diteliti, serta usaha pengumpulandata dan informasi secara intensif atas semua yang telah dikumpulkan.

3.4.2 Penelitian Kepustakaan

Salah satu corak karya tulis yang penting adalah tulisan yang disusun berdasarkan suatu riset. Dari itu, pengumpulan data dilakukan juga dengan cara pengambilan bahan dari reverensial buku, jurnal, media sosial dan juga jenis pustaka lainnya.

3.5 Teknik Analisis Data

Teknik Analisa data merupakan serangkaian pengujian yang dilakukan terhadap sampel tujuan untuk memperoleh data-data tertentu yang dibutuhkan dalam penelitian , adapun rangkaian Analisa yang dilakukan adalah sebagai berikut:

3.5.1 Analisa Alat Pengujian

- a) Timbangan digunakan untuk mengukur berat agregat . Pada pengujian agregat, digunakan timbangan digital dengan ketelitian 0,5 gram.
- b) Satu set saringan dengan ukuran 37,5 mm (3"); 50,8 mm (2"); 19,1 mm (3/4"); 12,5 mm (1/2"); 9,5 mm (3/8"); 4,75 mm (No.4); 2,36 mm (No.8); 1,18 mm (No.16); 0,600 mm (No. 30); 0,300 mm (No. 50); 0,150 mm (No. 100); 0,075 mm (No. 200). Semua saringan disusun secara berurutan mulai dari yang terkecil diposisi paling bawah sampai ukuran terbesar diposisi paling atas.
- c) Alat pengujian berat jenis dan penyerapan berupa oven, timbangan, piring seng, alat uji SSD dan gelas ukur . *Los Angles Machine*
- d) *Los Angles Machine* merupakan mesin untuk menguji pengujian keausan agregat kasar , dengan bentuk silinder besi dengan ukuran diameter dalam 711 mm atau 28 inch dan panjang 508 mm atau 20 inch (SNI 2417-2008) mesin ini akan memutar agregat beserta bola baja didalamnya sebanyak 100 sampai 500 putaran.
- e) Moulding atau alat cetak benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10,2 cm dengan tinggi 7,62 cm. Mould yang digunakan berjumlah 3 buah dan berfungsi sebagai

cetakan benda uji . *moulding* digunakan sebagai cetakan campuran aspal panas agar berbentuk sesuai dengan standar

- f) Alat penumbuk , pada penelitian ini alat yang digunakan untuk menumbuk benda uji menggunakan alat penumbuk manual.
- g) *Ejector* merupakan alat untuk mengeluarkan benda uji dari *moulding* dengan sistem gaya tekan seperti dongkrak mobil.
- h) *Water Bath* adalah peralatan laboratorium yang terbuat dari wadah berisi air panas. Alat ini digunakan untuk menginkubasi sampel dalam air pada suhu konstan selama periode waktu yang lama.
- i) *Marshall Compression Machine* merupakan alat uji tekan marshall yang dilengkapi dengan cincin penguji , dimana cincin penguji tersebut dilengkapi dengan arloji atau dial dengan ketelitian 0,0025 mm yang berfungsi untuk mengukur stabilitas benda uji. Kecepatan penekanan dari marshall test machine ini adalah sekitar 50mm/menit.

3.5.2 Analisa Rongga Terisi Aspal

Merupakan presentase rongga terisi aspal pada campuran setelah mengalami proses pemadatan , yaitu jumlah dan temperatur pemadatan , gradasi agregat dan kadar aspal. Berpengaruh pada sifat kekedapan campuran terhadap air dan udara serta sifat elastisitas campuran. Dengan kata lain menentukan

stabilitas, fleksibilitas, dan durabilitas aspal. Semakin tinggi nilai berarti semakin banyak rongga dalam campuran yang terisi aspal sehingga kedap terhadap air dan udara juga semakin tinggi.

Nilai yang terlalu kecil akan menyebabkan campuran kurang kedap terhadap air dan udara karena lapisan film aspal akan menjadi tipis dan akan mudah retak bila menerima penambahan beban sehingga campuran aspal mudah teroksidasi yang akhirnya menyebabkan lapis perkerasan tidak tahan lama.

Dihitung dengan rumus :

$$VFB = 100 \times \frac{VMA - VIM}{VMA}$$

Keterangan :

VFB : Rongga terisi aspal, persen terhadap VMA.

VMA : Rongga diantara mineral agregat

VIM : Rongga dalam campuran

3.5.3 Analisa Marshall Quotient (MQ)

Marshall Quotient merupakan hasil bagi stabilitas dan flow yang digunakan sebagai indikator kelenturan yang potensial terhadap keretakan. Nilai *Marshall Quotient* dinyatakan kg/mm oleh (Hardiyatmo, H.C, 2007). Dua parameter yang penting yang ditentukan dalam pengujian tersebut, seperti beban maksimum

yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur atau Marshall Stability dan deformasi permanen dari sampel sebelum hancur, yang disebut *Marshall Flow*, serta turunan dari keduanya yang merupakan perbandingan antara *Marshall Stability* dengan *Marshall Flow* yang disebut dengan *Marshall Quetiont*. Nilai MQ yang disyaratkan minimal 250 kg/mm jika nilai MQ dibawah 250 kg/mm mengakibatkan perkerasan mudah mengalami *washboarding*, *rutting* dan *blending*.

Dalam pengujian dengan alat marshall dilakukan langkah-langkah sebagai berikut:

- a) Benda uji direndam dalam mesin waterbath selama 30 menit dengan suhu air 50°C
- b) Sebelum melakukan pengujian, bagian dalam permukaan kepala penekan dibersihkan dan diolesi pelumas agar benda uji mudah dilepaskan setelah pengujian.
- c) Setelah benda uji terendam di air mesin waterbath selama 30 menit, letakan benda uji sesuai dengan posisi pada kepala penekan lalu memasang kepala penekan berisi benda uji pada alat pembebanan.
- d) Kemudian menaikkan kepala penekan hingga menyentuh alas cincin penguji. Selanjutnya atur jarum arloji penekan.

- e) Proses pembebanan dilakukan dengan kecepatan tetap 51 mm permenit, kemudian dibaca pada alat arloji pembebanan berhenti dan mualai berputar menurun, setelah pengujian selesai benda uji dikeluarkan dari alat marshall.

Rumus :

$$MQ = \frac{O}{P}$$

Keterangan :

MQ : Marshall Quetiont (kg/mm)

O : Nilai Stabilitas

P : Nilai kelehan plastis/ flow (mm)

3.5.4 Analisa Rongga Dalam Campuran

Vold In The Mix (VIM) merupakan presentase rongga dalam campuran , nilai VIM berpengaruh kepada keawetan dari campuran agregat , semakin tinggi nilai VIM menunjukan semakin besar rongga dalam campuran sehingga campuran bersifat porous , hal ini mengakibatkan campuran menjadi kurang rapat dimana air dan udara mudah masuk kerongga-rongga dalam campuran yang menyebabkan mudah teroksidasi mengurangi keawetannya.

Rumus :

$$VIM = 100 \times \frac{Gmm - Gmb}{Gmm}$$

Keterangan :

VIM : Kadar rongga dalam campuran (%)

Gmb : Berat jenis curah campuran padat

Gmm : Berat jenis maksimum campuran.

3.5.5 Analisa Rongga Antar Mineral Agregat

VMA merupakan rongga udara antar butiran agregat yaitu rongga udara yang ada diantara partikel campuran agregat aspal yang sudah dipadatkan termasuk ruang yang terisi aspal yang dinyatakan dalam persen terhadap total volume campuran aspal agregat , faktor-faktor yang mempengaruhi *vold in mineral aggregate* antara lain gradasi agregat (komposisi campuran agregat dan ukuran diameter butir terbesar) , energi pemadat, kadar aspal, dan bentuk butiran.

Rumus :

$$VMA = 100x \frac{Gmb \times Ps}{Gsb}$$

Keterangan :

VMA : Kadar rongga antara mineral agregat (%)

Gmb : Berat jenis curah campuran padat (gr/rc)

Gsb : Berat jenis curah agregat (gr/cc)

Ps : Persen agregat terhadap berat total campuran (%)

Setelah diperoleh hasil pengujian dari seluruh sampel benda uji, kemudian dilakukan analisa sebagai berikut :

1. Membandingkan data hasil pengujian aspal dengan bahan tambah botol air mineral dan tanpa bahan tambah
2. Mencari penyebab terjadinya perbedaan kadar bahan tambah disetiap sampel benda uji.

Simpulan dari penelitian diambil dari hasil analisis dan pembahasan. Simpulan akan menjawab rumusan permasalahan dan tujuan penelitian.

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Deskripsi Objek Peneliti

Penelitian ini dilakukan dengan pengujian-pengujian yang sesuai dengan pedoman- pedoman pengujian yang ada dan juga didukung dengan peralatan yang sudah dikalibrasi dengan hasil penelitian meliputi : penelitian sifat fisik agregat, penelitian sifat fisik aspal, penelitian sifat bahan tambahan limbah botol air mineral dan penelitian campuran Laston Lapis Pengikat /*Asphalt Concrete – base Course* (AC-BC) dengan melakukan uji *Marshall* juga stabilitas dan durabilitas setelah dilakukan perendaman selama 1 x 24 jam di dalam air.

4.2 Hasil Analisis Data dan Pembahasan

4.2.1 Hasil Analisis Data

1. Pengujian agregat halus dan kasar

Didalam penelitian ini agregat halus dan kasar yang di gunakan adalah batu 1-2, batu 0,5-1, abu batu dan semen. Hasil pengujian gradasi dapat dilihat pada tabel 4.1.1 berikut.

Rumus perhitungan gradasi agregat :

- Kumulatif berat bertahan = (kumulatif berat tertahan – berat bertahan)
- Tertahan kumulatif = kumulatif berat bertahan x 100
- Lolos kumulatif = (kumulatif berat bertahan x 100) – 100

$$= 0,38\%$$

- Rumus lolos kumulatif :

$$\text{Total persentase (\%)} - \text{tertahan kumulatif (\%)} = 100 \% - 0,38 \%$$

$$= 99,62 \%$$

Tabel pengujian agregat 4.2

Pengujian Gradasi batu 1-2

1. Paket Pekerjaan	:										
2. Jenis Contoh Uji	:	Uji Analisis agregat 1-2									
3. Metode Uji	:	SNI 03-1968-1990									
4. Hasil Pengujian	:	Terlampir									
NO	UKURAN SARINGAN		Berat benda uji 1 :		2.000,0 Gram		Berat benda uji 2 :		2.000,0 Gram		Lolos
			ANALISA SARINGAN		JUMLAH PERSEN (%)		ANALISA SARINGAN		JUMLAH PERSEN (%)		rata-rata
	ASTM	SNI	Berat	Kumulatif	Tertahan	Lolos	Berat	Kumulatif	Tertahan	Lolos	Uji 1 dan Uji 2
			tertahan	brt. Tertahan	Kumulatif	Kumulatif	tertahan	brt. Tertahan	Kumulatif	Kumulatif	
	inc	mm	(gram)	(gram)	(%) *	(%)	(gram)	(gram)	(%) *	(%)	(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12=(7+11)/2
1	2"	50									
2	1 1/2"	37,5									
3	1"	25									
4	3/4"	19					24	24,00	1,20	98,80	98,80
5	1/2"	12,5	951,50	951,50	47,57	52,43	1159,5	1.183,50	59,17	40,82	46,62
6	3/8"	9,5	883,50	1815,00	90,75	9,25	713	1896,00	94,80	5,20	7,22
7	No. 4	4,75	140,50	1955,5	97,78	2,22	93,5	1989,50	99,48	0,52	1,37
8	No. 8	2,36	18,50	1974,0	98,70	1,30	4,50	1994,00	99,70	0,30	0,80
9	No. 16	1,18	2,00	1978,0	98,80	1,20	1,50	1995,50	99,78	0,22	0,71
10	No. 30	0,600	1,50	1977,5	98,88	1,13	1,50	1997,00	99,85	0,15	0,64
11	No. 50	0,300	1,00	1978,5	98,93	1,08	0,50	1997,50	99,88	0,13	0,60
12	No. 100	0,150	2,50	1981,0	99,05	0,95	2,00	1999,50	99,98	0,02	0,49
13	No. 200	0,075	1,50	1982,5	99,13	0,88	1,50	2001,00	100,05	0,05	0,41
14	Pan										

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

Rumus perhitungan gradasi agregat batu 1-2 :

- Rumus tertahan kumulatif :

$$\frac{\text{komulatif berat tertahan (gr)}}{\text{berat total sampel (gr)}} \times 100 = \frac{951,50}{2000} \times 100\%$$

$$= 47,57\%$$

- Rumus lolos kumulatif :

$$\begin{aligned}\text{Total persentase (\%)} - \text{tertahan kumulatif (\%)} &= 100 \% - 47,57 \% \\ &= 52,43 \%\end{aligned}$$

$$= 0,13\%$$

- Rumus lolos kumulatif :

$$\text{Total persentase (\%)} - \text{tertahan kumulatif (\%)} = 100 \% - 0,13 \%$$

$$= 99,88 \%$$

Rumus gradasi gabungan :

$$(E = A + B + C + D)$$

$$\text{gradasi gabungan} = 12,00 + 25,00 + 16,00 + 45,00 + 2,00 = 100,00$$

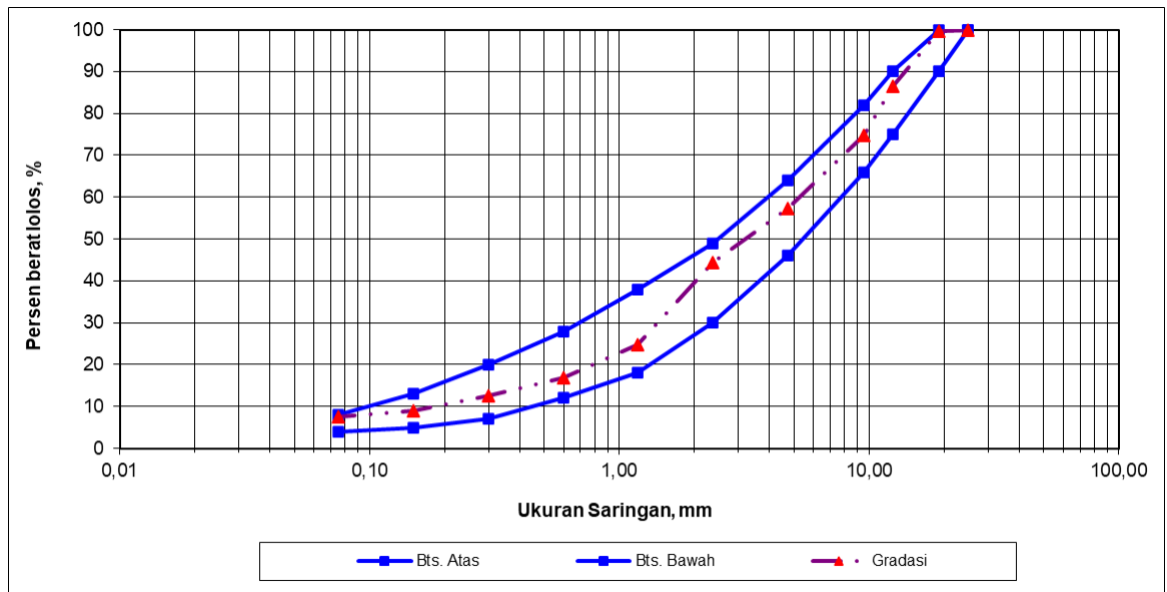
Tabel 4.5 Gradasi Gabungan

1. Paket Pekerjaan
 2. Jenis Contoh Uji : Laston Lapis Antara (AC - BC)
 3. Metode Uji : SNI 03-1968-1990
 4. Hasil Pengujian : Terlampir

URAIAN	Ukuran Saringan										
Inch	1 "	3/4"	1/2"	3/8"	#4	#8	#16	#30	#50	#100	#200
mm	25	19	12,5	9,5	4,75	2,36	1,18	0,600	0,300	0,150	0,075
Data Analisa saringan											
Agregat batu 1-2	100,00	98,80	46,62	7,22	1,37	0,80	0,71	0,64	0,60	0,49	0,41
Agregat batu 0,5-1	100,00	100,00	99,60	91,11	25,77	25,39	3,24	2,99	2,85	2,51	2,23
Agregat Abu batu	100,00	100,00	100,00	100,00	99,75	74,34	45,72	29,82	21,68	14,70	11,71
Filler semen	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Penggabungan agregat											
Agregat batu 1-2 25,00%	25,00	24,70	11,66	1,81	0,34	0,20	0,18	0,16	0,15	0,12	0,10
Agregat batu 0,5-1 24,00%	24,00	24,00	23,90	21,87	6,18	6,09	0,78	0,72	0,68	0,60	0,54
Agregat Abu batu 50,00%	50,00	50,00	50,00	50,00	49,88	37,17	22,86	14,91	10,84	7,35	5,86
0,00%	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Filler semen 1,00%	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Gradasi gabungan	100,00	99,70	86,56	74,67	57,40	44,46	24,82	16,79	12,67	9,07	7,49
Gradasi Laston AC - BC											
Maks.	100,0	100,0	90,0	82,0	64,0	49,0	38,0	28,0	20,0	13,0	8,0
Min.	100,0	90,0	75,0	66,0	46,0	30,0	18,0	12,0	7,0	5,0	4,0

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

Pada tabel 4.1.2 diperoleh komposisi gradasi agregat gabungan. Apabila nilai gradasi tersebut divisualisasikan dalam bentuk grafik, hasilnya dapat dilihat pada gambar 4.1.1 dan pada grafik tersebut terlihat bahwa semua nilai gradasi berdasarkan komposisi agregat tersebut masuk dalam kisaran yang telah di syaratkan.



Gambar 4.1 Grafik Gradasi

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

2. Pencampuran agregat halus dan kasar

Pencampuran agregat ini ingin mengetahui berapa komposisi atau timbangan agregat yang ingin di gunakan, berikut adalah komposisi atau timbangan agregat :

Tabel 4.6 Timbangan bahan agregat rencana campuran AC-BC

Kadar Aspal Rencana				5,6%	5,6%	5,6%	
Bahan tambah plastik				5,0%	10,0%	15,0%	
Total campuran				1200	1200	1200	
Kebutuhan aspal				67,2	67,2	67,2	
Plastik				3,36	6,72	10,08	
Berat Agregat				1132,8	1132,8	1132,8	
Bp 1-2	25,00%	25,00%		283,2	283,2	283,2	
bp 1-1	24,00%	24,00%		271,9	271,9	271,9	
abu batu	50,00%	50,00%		566,4	566,4	566,4	
filler	1,00%	1,00%		11,3	11,3	11,3	
	100,0%						
Berat Komulatif Agregat							
Bp 1-2				283,2	283,2	283,2	
bp 1-1				555,1	555,1	555,1	
abu batu				1121,5	1121,5	1121,5	
filler				1132,8	1132,8	1132,8	
Plastik				3,36	6,72	10,08	

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

3. Penumbukan sampel

Penumbukan sampel itu dilakukan sebanyak 75 kali tumbukan dalam 12 pembuatan bricket aspal itu perhitungan nya bawah atas di hitung satu.

4. Hasil penelitian sifat fisik aspal

Hasil penelitian sifat fisik Aspal dilakukan dengan material aspal Pertamina Pen 60/70 yang tersedia di laboratorium PT. Pebana Adi Sarana Cabang Curup Kabupaten Rejang Lebong.

Tabel. 4.7. Hasil Penelitian Sifat Fisik aspal PERTAMINA pen 60/70

No	Agregat	Penelitian	SNI	Hasil	Keterangan
1	Aspal PERTAMINA	Penetrasi	60 – 79	79 - 68,4	Memenuhi
2	Aspal PERTAMINA	Titik lembek	48 – 58	48 °C	Memenuhi
3	Aspal PERTAMINA	Titik nyala	Min.200	239 °C	Memenuhi
4	Aspal PERTAMINA	Daktilitas	Min.200	110 cm	Memenuhi
5	Aspal PERTAMINA	Berat jenis	Min. 100	1,063 gr/cc	Memenuhi
6	Aspal PERTAMINA	Kelarutan	Min 99	99,1667 %	Memenuhi
7	Aspal PERTAMINA	Penurunan/kehilangan berat	Max. 0.8	0.16%	Memenuhi
8	Aspal PERTAMINA	Penetrasi setelah kehilangan berat	Min. 54	91,667 %	Memenuhi
9	Aspal PERTAMINA	Daktilitas setelah kehilangan berat	Min. 50	62,7%	Memenuhi

Sumber : Labolatorium PT. Pebana Adi Sarana

5. Hasil timbangan SSD, Waterbath, dan Marshall Test

Hasil pengujian dari timbangan *SSD*, *Waterbath* dan *Marshall Tes* dapat dilihat dari table dibawah ini :

Tabel 4.8 hasil timbangan ssd, waterbath,dan marshall test

1. Paket Pekerjaan :
 2. Jenis Contoh Uji : Laston Lapis Antara (AC - BC)
 3. Metode uji : SNI 06-2489-1991

Kal. Proving ring = 14,065

Kode Briket	Kadar Aspal		Berat Benda Uji			Isi Benda Uji	Kepadatan	Berat Jenis Campuran Maksimu	Rongga Dalam Agregat (VMA) %	Rongga Terhadap Campuran (VIM) %	Rongga Terisi Aspal (VFB) %	Stabilitas			Pelelehan	Hasil Bagi Marshall	Kadar Aspal Efektif	Tebal Film Aspal
	thd Berat Agregat %	thd Berat Campuran %	Kering gr	SSD gr	Dalam Air gr							Bacaan Pada Alat	Kalibrasi Proving Ring	Setelah Dikoreksi kg				
a	b	$c = 100 / (100 + b) \times b$	d	e	f	$g = e - f$	$h = d / g$		$j = 100 - (h \times (100 - c) / u)$	$k = 100 - (100 \times (h / i))$	$l = 100 \times (j - k) / j$	m	n	$o = m \times n$	p	$q = o / p$	$r = c - ((x/100) \times (100 - c))$	s
1	0,00	5,6	1190,0	1197,0	673,0	524,0	2,271	2,366	18	4,0	77	83	1167,4	1120,7	3,3	339,6	4,8	8,0
2		5,6	1198,0	1204,0	676,5	527,5	2,271	2,366	18	4,0	77	88	1237,7	1188,2	3,0	396,1	5,6	8,0
3		5,6	1201,0	1207,0	677,5	529,5	2,268	2,366	18	4,1	77	87	1223,6	1174,7	2,8	419,5	5,6	8,0
	5,00	5,6					2,270	2,366	18	4,0	77			1161,2	3,0	385,1	5,3	8,0
1		5,6	1173,5	1186,0	662,5	523,5	2,242	2,366	19	5,2	72	80	1125,2	1080,2	3,5	308,6	4,2	8,0
2		5,6	1164,5	1176,5	649,0	527,5	2,208	2,366	20	6,7	67	60	843,9	810,1	5,7	142,1	4,2	8,0
3	10,00	5,6	1173,0	1180,0	663,5	516,5	2,271	2,366	18	4,0	77	70	984,5	945,1	3,9	242,3	4,2	8,0
		5,6					2,240	2,366	19	5,3	72			945,1	4,4	231,0	4,2	8,0
1		5,6	1138,0	1143,5	644,5	499,0	2,281	2,366	17	3,6	79	80	1125,2	1125,2	5,4	208,4	4,1	8,0
2	15,00	5,6	1163,5	1179,0	644,0	535,0	2,175	2,366	21	8,1	62	70	984,5	1023,9	3,7	276,7	4,3	8,0
3		5,6	1126,5	1129,5	641,0	488,5	2,306	2,366	16	2,5	85	99	1392,4	1336,7	5,0	267,3	4,2	8,0
		5,6					2,254	2,366	18	4,7	75			1161,9	4,7	250,8	4,2	8,0
1		5,6	1146,5	1163,5	630,5	533,0	2,151	2,366	22	9,1	59	50	703,2	731,4	6,0	121,9	4,1	8,0
2		5,6	1176,5	1192,0	642,5	549,5	2,141	2,366	22	9,5	58	60	843,9	843,9	3,7	228,1	3,8	8,0
3		5,6	1171,5	1183,0	647,5	535,5	2,188	2,366	21	7,5	64	70	984,5	984,5	4,5	218,8	3,8	8,0
		5,6					2,160	2,366	22	8,7	60			853,3	4,7	189,6	3,9	8,0

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

6. Berat Benda Uji

Tabel 4.9 hasil dari berat benda uji

BAHAN TAMBAH	KADAR ASPAL	KERING	SSD	DALAM AIR
0%	5,6	1190	1197	673
	5,6	1198	1204	676,5
	5,6	1201	1207	677,5
5%	5,6	1173,5	1185,5	666,5
	5,6	1164,5	1177	653
	5,6	1173	1178,5	663,5
10%	5,6	1138	1143,5	647
	5,6	1163,5	1175,5	645,5
	5,6	1126,5	1130	645
15%	5,6	1146,5	1164,5	639,5
	5,6	1176,5	1191,5	646,5
	5,6	1171,5	1185,5	651,5

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

7. Spesifikasi pengujian marshall campuran AC-BC

Berikut adalah spesifikasi marshall campuran AC-BC yang diambil dari PT Pebana Adi Sarana sebagai berikut :

Tabel 4.10 Spesifikasi pengujian marshall campuran AC-BC

Kepadatan	Min 2.270 gr/cc
Stabilitas	Min 90%
VMA	Min 14%
VFB	Min 65%
VIM	3-5%
Kelelehan	Min 2-4 mm
MQ	Min 250 kg/mm

Sumber : Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

8. KAO pengujian marshall sampel AC-BC.

Dalam pengujian sampel marshall AC-BC harus memenuhi syarat ketentuan nilai stabilitas ,flow,VIM,VFB,VMA,Density, dan MQ. Seperti yang ada point yang belum memenuhi karakteristik pengujian .

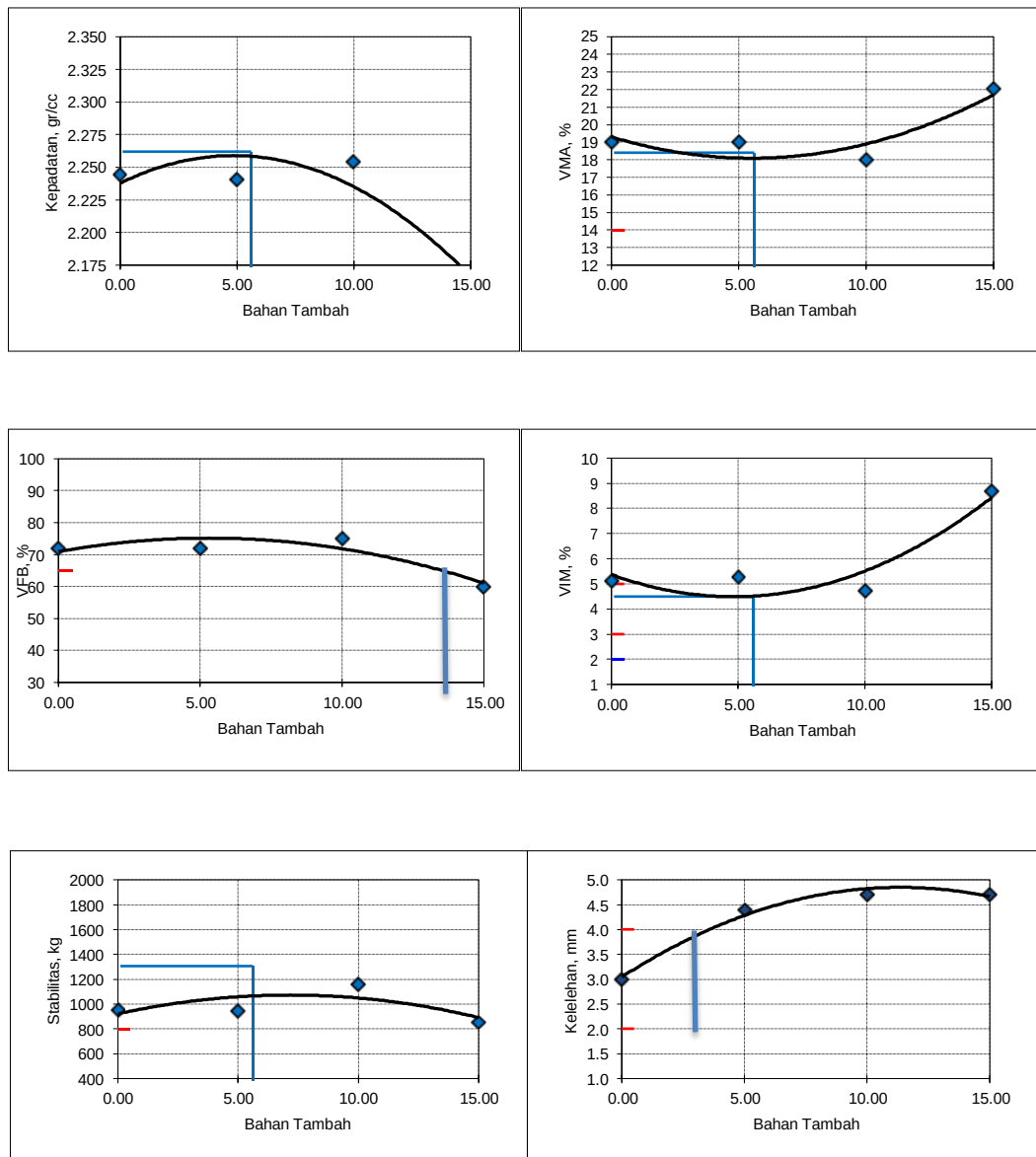
Tabel 4.11 Hasil KAO pengujian marshall

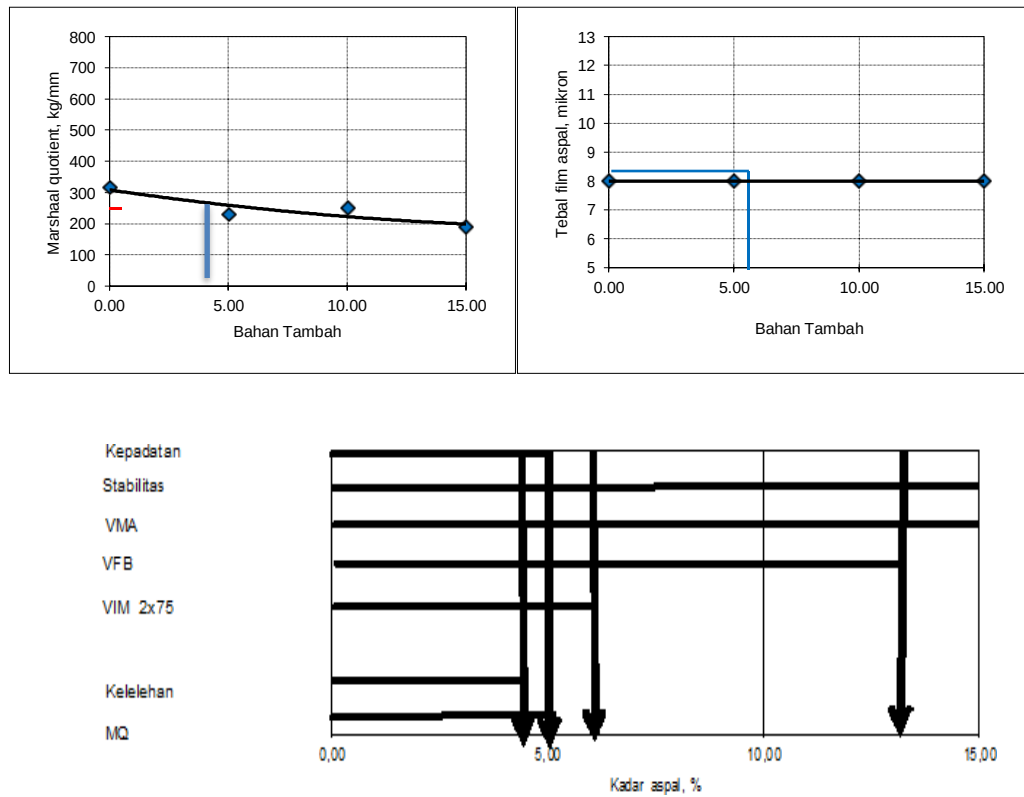
Kadar aspal	Kepadatan	VMA %	VFB %	VIM %	Stabilitas	Kelelehan	Marshall question
0%	2,244	19	72	5,1	958,6	3,0	317,6
5%	2,240	19	72	5,3	945,1	4,4	231,0
10%	2,254	18	75	4,7	1161,9	4,7	250,8
15%	2,160	22	60	8,7	853,3	4,7	189,6

Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

	GRAFIK MARSHALL	KONTRAKTOR
		PT. PEBANA ADI SARANA

1. Paket Pekerjaan :
2. Jenis Contoh Uji : Laston Lapis Antara (AC - BC)
3. Metode uji : SNI 06-2489-1991





Gambar 4.2. Kadar bahan Tambah optimum dari 4 variasi aspal
 Sumber : Hasil Penelitian di Labolatorium PT.Pebana Adi Sarana

4.2.2 Pembahasan

Setelah dilaksanakan pengujian marshall sampel AC-BC dengan tambahan Botol Plastik, dengan 4 variasi bahan tambah . Didapatkan ada beberapa nilai pengujian belum memenuhi spesifikasi umum 2018 Direktorat Jendral Bina Marga.

Berikut adalah hasil dari penambahan limbah botol air mineral berdasarkan penelitian yang didapatkan adalah sebagai berikut :

1. Penambahan limbah botol air mineral sangat berpengaruh dalam perubahan nilai marshall, setiap penambahan limbah botol air mineral semua nilai pengujian mengalami perubahan. Pada presentase penambahan bahan tambah 5% yang tidak memenuhi persyaratan yaitu kelelehan, nilai kelelehan yang sesuai dengan spesifikasi umum adalah 2-4 mm sedangkan hasil pengujian pada bahan tambah 5% adalah 4,4mm kemudian nilai MQ yang sesuai dengan spesifikasi umum adalah min 250kg/mm sedangkan hasil pengujian pada bahan tambah 5% adalah 231kg/mm, yang terakhir nilai VIM yang sesuai dengan spesifikasi umum yaitu 3-5% sedangkan hasil pengujian pada bahan tambah 5% yaitu 5,3% Namun untuk yang lain sudah memenuhi. Pada presentase 10% yang tidak memenuhi persyaratan yaitu kepadatan nilai kepadatan yang sesuai dengan spesifikasi umum adalah min 2.270gr/cc sedangkan hasil pengujian pada bahan tambah 10% adalah 2.254gr/cc, kemudian, kelelehan nilai kelelehan yang sesuai dengan

spesifikasi umum adalah min 2-4mm sedangkan hasil pengujian pada bahan tambah 10% adalah 4,7mm. Pada penambahan bahan tambah pada presentase 15% yang tidak memenuhi persyaratan yang pertama yaitu nilai kepadatan nilai kepadatan pada spesifikasi umum adalah 2.270gr/cc sedangkan hasil pengujian pada bahan tambah 15% yaitu 2.160gr/cc, yang kedua nilai VFB nilai VFB pada spesifikasi umum adalah min 65% sedangkan hasil pengujian pada penambahan bahan tambah 15% yaitu 60%, yang ketiga yaitu nilai VIM nilai VIM yang sesuai dengan spesifikasi umum yaitu 3-5% sedangkan hasil pengujian pada penambahan bahan tambah 15% adalah 8,7%, yang keempat nilai MQ yang sesuai dengan spesifikasi umum yaitu min 250kg/mm sedangkan hasil pengujian pada penambahan bahan tambah 15% yang terakhir yaitu kelelahan nilai kelelahan yang sesuai dengan spesifikasi umum yaitu min 2-3mm sedangkan hasil pengujian pada penambahan bahan tambah 15% yaitu 4,7%.

2. Berpengaruh terhadap nilai karakteristik marshall dimana penambahan paling efektif adalah pada presentase kurang dari 5%, apabila penambahan lebih dari 5% maka nilai VIM, MQ, Kepadatan, dan Kelelahan tidak terpenuhi . penyebab tidak terpenuhinya nilai marshall karena penambahan limbah botol air mineral yang terlalu banyak.

3. Berdasarkan persyaratan bina marga terdapat beberapa sampel yang tidak memenuhi syarat yaitu kepadatan, VIM, dan kelelahan dikarenakan kelebihan penambahan nilai presentase pada bahan tambah, hal ini menunjukkan adanya hubungan positif antara penambahan limbah botol air mineral terhadap karakteristik marshall.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pengujian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan limbah botol air mineral sangat berpengaruh dalam perubahan nilai marshal, setiap penambahan limbah botol air mineral semua nilai pengujian mengalami perubahan terutama pada nilai kepadatan, Kelelehan, VIM, VFB, dan MQ (*marshall question*). Dalam pengujian pada presentase 5% yang tidak termasuk adalah Kepadatan mengalami penurunan sebesar 2.240%, VIM mengalami kenaikan sebesar 5,3%, Kelelehan mengalami kenaikan 4,4mm dan MQ mengalami penurunan 231 kg/mm. pada presentase 10% yang tidak termasuk hanya kepadatan yang mengalami penurunan sebesar 2.254 gr/cc dan kelelehan mengalami kenaikan 4,7mm. pada presentase 15% yang masuk hanya pada nilai VMA yaitu 22%.
2. Pada penambahan bahan limbah botol air mineral menghasilkan presentase yang paling efektif dan memenuhi spesifikasi umum berupa kepadatan, stabilitas, VMA,VIM,VFB, kelelehan dan MQ yaitu pada presentase kurang dari 5%.
3. Terdapat beberapa sampel yang tidak sesuai dengan persyaratan bina marga hal ini dikarenakan karena banyaknya jumlah presentase bahan tambah yang

4. digunakan, serta pengerjaan pembuatan sampel yang kurang efektif seperti pada saat penumbukan sampel.

5.2 SARAN

Penelitian ini membutuhkan saran-saran agar lebih baik, antara lain sebagai berikut:

1. Mengingat dampak yang signifikan terhadap nilai marshal, disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut terkait bagaimana limbah botol air mineral berinteraksi dengan campuran aspal. Penelitian ini dapat membantu memahami lebih baik perubahan dalam nilai kepadatan, kelelahan, VIM, VFB, dan MQ serta mengevaluasi apakah ada cara untuk mengurangi resiko dampak negatifnya.
2. Jika hasil pengujian tidak memenuhi spesifikasi, lakukan literasi pada komposisi campuran dan parameter penggunaan limbah. Teruslah mengoptimalkan campuran hingga memenuhi persyaratan yang ditetapkan.
3. Meningkatkan pengawasan terhadap penggunaan bahan tambah dalam pembuatan sampel. Pastikan bahwa persentase bahan tambah yang digunakan sesuai dengan standar yang telah ditetapkan dan Memperketat pengawasan selama proses pengerjaan sampel, termasuk tahap penumbukan. Pastikan bahwa tahap-tahap ini dilakukan sesuai dengan pedoman yang telah ditetapkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Louis Christian Lagonda O. H. Kaseke, S.V. Pandey (1 Februari 2017) KAJIAN HUBUNGAN BATASAN KRITERIA MARSHALL QUOTIENT DENGAN RATIO PARTIKEL LOLOS SARINGAN NO.#200 – BITUMEN EFEKTIF PADA CAMPURAN JENIS LASTON, Fakultas Teknik, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sam Ratuangi, <https://ejournal.unsrat.ac.id/v3/index.php/jss/article/download/15733/15245>
- Nugraha Yuda Pratama¹, Slamet Widodo², Eti Sulandari², (2020) PENGARUH PENGGUNAAN SAMPAH BOTOL PLASTIK SEBAGAI BAHAN TAMBAH PADA CAMPURAN LAPIS ASPAL BETON (LASTON), 1. Alumni Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN 2. Dosen Prodi Teknik Sipil FT. UNTAN, <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/JMHMS/article/download/29405/75676579017>
- Apriyadi Dwi Widodo², Muhammad Adrul Jihan³, Ardiyanto Nugroho⁴, Toto Mugiono⁵, Ahmad Hakim Bintang Kuncoro⁶, Sentot Hardwiyono⁷, PENGARUH PENAMBAHAN LIMBAH BOTOL PLASTIK POLYPTHYLENE TEREPHTHALATE (PET) DALAM CAMPURAN LASTON-WC TERHADAP PARAMETER MARSHALL, [tekniksipil.umy, https://tekniksipil.umy.ac.id/wpcontent/uploads/2014/07/jurnal-PKM-P-PET.pdf](https://tekniksipil.umy.ac.id/wpcontent/uploads/2014/07/jurnal-PKM-P-PET.pdf)
- Sumanilaga 2017, kajian PENAMBAHAN SERBUK LIMBAH PLASTIK PADA CAMPURAN ASPAL PANAS TERHADAP NILAI KARAKTERISTIK MARSHALL, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH MATARAM.
- Asphalt Institute. (1997). Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types, Manual Series No. 2 (MS-2), Six Edition, Lixington, Kentucky
- Hardiyatmo H.C 2007 pemeliharaan Jalan Raya Gadjah mada University press yogyakarta
- SNI-06-2489-1991, Metode pengujian campuran aspal dengan alat marshall, Dinas pekerjaan umum 2018
- SNI-03-1968-1

990 Metode pengujian untuk analisis agregat halus dan kasar . Dinas pekerjaan umum provinsi Bengkulu.

Direktorat Jendral Bina Marga 2018, Spesifikasi Jalan dan Jembatan 2018 (Revisi 2), Kementrian PU, Provinsi Bengkulu

Tim Penyusun , 2022. Pedoman penulisan Tugas Akhir , Bengkulu, Politeknik Raflesia.

LAMPIRAN

Pengambilan Agregat



Agregat Batu 5-1



Agregat Batu 1-2



Agregat Abu Batu



Limbah Botol Air Mineral



Aspal Cair



Gradasi



Pencampuran aspal



Proses Penumbukan



Proses Perendaman



Timbangan Dalam Air



Rendam dalam *Waterbath*



Tes *Marshall Quetiont*