BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan Negara yang memiliki kekayaan alam yang begitu luas dari Sumatera hingga Papua, penuh dengan perkebunan kelapa sawit. Kelapa sawit saat ini memang menjadi primadona karena nilai ekonominya yang sangat tinggi. Di Sumatera sendiri hamparan perkebunan kelapa sawit sangat mudah ditemui, mulai dari provinsi Lampung hingga Nanggroe Aceh Darussalam. Saat ini pemanfaatan cangkang sawit di berbagai industri pengolahan minyak CPO belum begitu maksimal. Padahal cangkang sawit memiliki berbagai macam kegunaan seperti; Cangkang sawit dipakai sebagai pengeras jalan/pengganti aspal, khususnya di perkebunan sawit. Selain hal tersebut limbah cangkang dan serabut kelapa sawit sebagai bahan bakar pengganti solar untuk pembangkit listrik tenaga uap.

Perkembangan konstruksi jalan raya di Indonesia dari waktu ke waktu terus meningkat. Peningkatan tersebut khususnya pada lapisan permukaan. Semakin bagus perkerasan jalan akan semakin mudah pergerakan kendaraan, lalu lintas akan berjalan lancar. Kestabilan dari konstruksi perkerasan jalan raya ditentukan oleh mutu material, komposisi campuran serta cara pelaksanaan pekerjaan. Material dengan mutu yang baik akan menghasilkan konstruksi perkerasan yang memiliki stabilitas tinggi.

Dwina Archenita (2004), juga telah melakukan penelitian dengan memanfaatkan cangkang kelapa sawit ini sebagai pengganti agregat kasar untuk

bahan perkerasan jalan pada *campuran Asphaltic Concrete* (AC) dengan metode Marshall. Oleh karena itu perlu dicari suatu bahan yang dapat digunakan sebagai bahan alternatif untuk ini penulis mencoba meninjau Durabilitas Campuran ACBC dengan menggunakan limbah kerak tanur cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti dan aspal Retona Blend 55 sebagai bahan pengikat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang dibuat penulis dalam penelitian ini adalah:

a) Bagaimana pengaruh aspal terhadap variasi cangkang kelapa sawit
b) Berapa besar persentase penambah cangkang kelapa sawit untuk mencapai nilai kuat tekan marshall test.
c) Apakah aspal yang diperoleh dari Pt.Adhi Karya mampu mendapatkan nilai kuat tekan lebih kuat dengan campuran cangkang kelapa sawit.

1.3 Batasan Masalah

Agar dalam penelitian yang akan dilakukan nantinya terarah dan sesuai dengan tujuan maka perlu dibuat batasan masalah sebagai berikut:

a) Aspal yang digunakan adalah aspal penetrasi 60/70.
b) Penelitian ini bersifat uji laboratorium.
c) Spesifikasi acuan dalam penelitian ini adalah menggunakan spesifikasi standart yang ditetapkan oleh Bina Marga.
d) Pengujian yang dilakukan meliputi analisis pengujian sifat fisik kekuatan aspal(Uji penetrasi,Uji titik kelembekan,Uji berat jenis,Uji penurunan berat)sesuai SNI dan Uji Marshall.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian Durabilitas campuran AC-BC menggunakan limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar dengan bahan pengikat aspal Hotmix ini adalah sebagai berikut :

a) Mengetahui sifat-sifat fisis agregat dan limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar pada campuran aspal Hotmix (*Asphalt Concrete-Binder Course*).
b) Untuk mengetahui Durabilitas campuran agregat dan limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar dan aspal Hotmix sebagai bahan pengikat pada Durabilitas pengujian Marshall.
c) Untuk mengetahui apakah dengan penggunaan aspal campuran cangkang kelapa sawit subsitusi sebagian agregat dapat menghasilkan lapis aspal berkualitas baik.
d) Mencari nilai kekuatan aspal bercampur cangkang kelapa sawit dengan pengujian di marshall test.
e) Pengujian marshall dilakukan mengetahui nilai stabilitas dan kelelehan *flow*, serta analisa kepadatan dan pori dari campuran padat yang berbentuk.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang ditinjau pada penelitian Durabilitas campuran AC-BC menggunakan limbah cangkang kelapa sawit sebagai bahan pengganti sebagian agregat kasar dengan bahan pengikat aspal ini adalah sebagi berikut :

a) Untuk memanfaatkan potensi alam, berupa limbah cangkang kelapa sawit yang berasal dari limbah padat kering.Kemudian dijadikan sebagai bahan pengisi pada campuran aspal Hotmix (*Asphalt Concrete Binder Course)*.

b) Memberikan arahan kepada pelaku industri kelapa sawit, Aparat Pembina Perkebunan dan lingkungan hidup mengenai pengelolaan limbah industri kelapa sawit, untuk dapat memanfaatkan limbah cangkang kelapa sawit guna dijadikan sebagai bahan pengganti pada campuran aspal Hotmix.

c) Berupaya mewujudkan kerja sama industri pertanian dalam bidang transportasi jalan, yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika yang dilakukan dalam penulisan skripsi ini berupa penelitian, yaitu:

1. Bab 1 Pendahuluan, yang dimana bab ini terdiri dari latar belakang, maksud dan tujuan penelitian, rumusan masalah, batasan masalah, Manfaat Penelitian, sistematika penelitian dan sistematika penulisan
2. Bab II Tinjauan Pustaka, yang dimana bab ini terdiri dari landasan teori yang berisi tentang pembahasan dari penelitian aspal terhadap campuran aspal, pengertian aspal, pengertian cangkang kelapa sawit, perngertian agregat halus/kasar dan juga rumus data pengerjakaan penelitian.
3. Bab III Metodologi penelitian, yang dimana dalam bab ini yang terdiri dari lokasi penelitian,proses penelitian,langkah-langkah penelitian dan bagan alir penelitian.
4. Bab IV Hasil Penelitian Dan Pembahasan, dibab ini terdiri dari data penelitian aspal bercampur cangkang kelapa sawit sebagai penambah

agregat kasar dengan meneliti pengaruh kekuatan marshall terhadap stabilitas dan flow.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran, yang dimana didalam bab ini berisi kesimpulan dan saran dari seluruh penelitian yang dilakukan. Kesimpulan dapat dikemukakan masalah yang ada pada penelitian tersebut. Sedangkan saran berisi mencantumkan jalan kerluar untuk mengatasi masalah tersebut.

BAB II

TINJAUAN KEPUSTAKAAN

2.1 Aspal

Aspal adalah material perekat berwarna hitam atau cokelat tua dengan unsur utama bitumen yang diperoleh dari residu hasil pengilangan minyak bumi berfungsi sebagai pengikat agregat dalam pembuatan jalan. Aspal dipilih untuk konstruksi jalan karena mempunyai sipat pekat (consistency), Tahan terhadap pelapukan yang disebabkan oleh cuaca, derajat pengerasan dan ketahanan terhadap air.

Aspal mempunyai sifat visco-elastis dan tergantung dari waktu pembebanan. Aspal akan mencair jika dipanaskan sampai temperature tertentu dan kembali membeku jika temperature nya turun. Kandungan Aspal terdiri dari 80% karbon, 10% hydrogen, 6% balerang dan sisanya oksigen, nitrogen serta sejumlah renik besi,nikel dan vanadium. Aspal terbuat dari minyak mentah melalui peruses penyulingan atau depay ditemukan dalam kandungan alam sebagai bagian dari komponen alam yang ditemukan bersama-sama material lain.

2.1.1 Cangkang Kelapa Sawit

Menurut Siregar (2008), Cangkang (tempurung atau Endoskrap), kelapa sawit merupakan limbah padat sawit hasil pemisahan daripada inti sawit dengan menggunakan alat *Hidrocyclone* separator yang dapat dimanfaatkan sebagai pengeras jalan atau dibuat arang atau briket untuk keperluan industri. Cangkang kelapa sawit mempunyai struktur kulit yang sangat tebal dan keras serta banyak mengandung zat kersik (SiO2). Silika dioksida ini dapat meningkatkan kekuatan

tekan campuran beraspal karena dapat mengurangi susut dan meningkatkan daya tahan terhadap keretakan. Selain itu pori-pori cangkang kelapa sawit lebih rapat sehingga lebih kaku dan padat. Pemanfaatan cangkang sebagai bahan bakar karena mengandung karbon aktif maka dapat langsung dipakai, oleh karena itu pada Pabrik Kelapa Sawit limbah padat ini digunakan sebagai sumber penghasil panas dari tungku boiler.

Hasil perkebunan kelapa sawit adalah buah sawit yang termasuk dalam tandan-tandan atau biasa yang dikenal dengan istilah TBS (tandan buah segar). Kulit buah kelapa sawit (*eksoskrap*) yang sudah siap panen berwarna merah hati dengan sedikit kuning dan tampak berkilat. Bagian tengah buah sawit (*mesoskrap*) terdiri dari serabut atau biasa disebut fiber berwarna jingga. Sangat mirip dengan sabut buah kelapa. Pada bagian tengah terhadap cangkang keras (*endoskrap)* berwarna hitam bertekstur. Di bagian dalam cangkang itu terdapat daging buah atau inti sawit (kernel) berwarna putih.

Daging buah sawit itulah yang akan diolah menjadi minyak sawit atau yang biasa disebut dengan *Crude Palm Oil* (CPO). CPO tersebut akan diproses kembali menjadi minyak goreng. Berapa produk olahan turunan dari CPO adalah sabun, margarin, lilin, kosmetika, sampai produk farmasi (Anonim, 2012).

Siregar (2008), menyatakan dari hasil proses pembuatan *Crude Palm Oil* (CPO) dapat dihasilkan limbah padat diantaranya serabut buah dan cangkang kelapa sawit itu sendiri. Berikut ini Gambar 2.1 menunjukan daging buah kelapa sawit :

Gambar 2.1 Isi dalam daging buah sawit
Sumber:Dokumentasi lapangan

2.1.2 Kerak boiler cangkang kelapa sawit

Menurut Siregar (2008), Boiler dikenal sebagai ketel uap adalah sebuah bejana yang dipergunakan sebagai tempat memproduksi uap (*steam*), dimana bejana ini berisi bahan bakar dari limbah agrikultur ataupun pertambangan. Slag/kerak tanur kelapa sawit memiliki massa yang lebih berat dari fly ash (abu terbang) yang keluar daripada cerobong asap, dan kerak boiler/tanur ini relatife memiliki pori-pori yang banyak. Pada umumnya kerak ini digunakan oleh Pabrik Kelapa Sawit sebagai pengeras jalan disekitar pabrik. Boiler atau ketel uap adalah pembangkit uap yang terdiri atas dua bagian utama yaitu :

1) Furnance atau Tungku Pembakaran Dimana berfungsi sebagai tempat bahan bakar yang akan menjadi penyedia panas.
2) Tabung Air Boiler Yakni suatu alat dimana panas mengubah air menjadi uap. Uap atau cairan panas itu nantinya akan di sirkulasikan keluar dari boiler untuk digunakan dalam bermacam-macam proses yang memerlukan panas. Boiler merupakan alat utama yang digunakan pada pabrik kelapa sawit. Oleh karena itu banyak limbah yang dihasilkan dari penggunaan boiler ini. Limbah yang dihasilkan berupa abu dan kerak yang melekat pada dinding boiler tersebut.

3) Dalam pabrik kelapa sawit *Ketel uap* (Boiler) merupakan jantung dari sebuah pabrik kelapa sawit. Dimana, ketel uap inilah yang menjadi sumber tenaga dan sumber uap yang akan dipakai untuk mengolah kelapa sawit. Uap (energi kalor) yang dihasilkan ketel uap dapat digunakan pada semua peralatan yang membutuhkan uap di pabrik kelapa sawit, terutama turbin. Turbin disini adalah turbin uap dimana sumber penggerak generatornya adalah uap yang dihasilkan dari ketel uap. selain turbin alat lain di pabrik kelapa sawit yang membutuhkan uap seperti di sterilizer (Alat untuk memasak TBS) dan distasiun pemurnian minyak (Klarifikasi). Mesin Boiler penghasil limbah kerak boiler cangkang sawit ditunjukan pada gambar 2.2 dibawah ini:

Gambar 2.2 Mesin Boiler
Sumber:Dokumentasi lapangan

2.2 Campuran Aspal

2.2.1 Agregat

Agregat atau batu adalah material berbutir yang keras dan kompak, yang mencakup antara lain batu bulat, abu batu dan pasir, Agregat digunakan sebagai

bahan campuran beraspal, yang membentuk suatu kombinasi ikatan yang seimbang diantara pembentuk campuran aspal, mortar atau beton. Menurut Sukirman (2003), Agregat merupakan komponen utama dalam perkerasan jalan,karena jumlah yang dibutuhkan dalam campuran pada umumnya berkisar 90% - 95% dari berat total campuran, atau 75% - 85% dari volume campuran. Disamping dari segi jumlahnya agregat juga berperan penting terhadap daya dukung perkerasan jalan, yang sebagian besar ditentukan oleh karakteristik agregat yang digunakan.

Sebelum digunakan sebagai bahan campuran dalam perkerasan jalan, harus dilakukan terlebih dahulu pemeriksaan di laboratorium untuk mengetahui karakteristiknya. Untuk menentukan agregat yang baik maka agregat dapat diklasifikasikan dan diidentifikasi menurut akurat, kebersihan, kekuatan, kekerasan, bentuk butiran, tekstur permukaan, porositas, komposisi pembentuknya dan kelekatannya terhadap aspal. Namun demikian, pemilihan suatu agreagat untuk material perkerasan jalan tidak hanya dilihat dari karakteristik agregatnya saja. lebih luas lagi, pemilihan agregat untuk material perkerasan jalan meliputi juga mengenai ketersediaan agregat, kemudahan dalam mendapatkannya, harga dan jenis gradasi agregat yang digunakan. Oleh karena itu pemilihan jenis agregat hal yang penting dalam campuran beraspal karena berkaitan dengan kestabilan dari kontruksi jalan.

2.2.2 Agregat kasar

Spesifikasi baru campuran beraspal Departemen Pekerjaan Umum (2010), Menyatakan bahwa agregat kasar terdiri dari batu pecah dan kerikil pecah yang

tertahan pada saringan no. 8 atau ukuran saringan 2,36 mm. Agregat harus bersih, keras, awet dan bebas dari lempung.

Fungsi agregat dalam campuran panas aspal adalah selain memberikan stabilitas dalam campuran juga sebagai pengisi sehingga campuran menjadi ekonomis. Agregat kasar harus mempunyai ketahanan yang cukup terhadap abrasi, terutama untuk penggunaan agregat sebagai lapis aus/permukaan perkerasan, selain itu agregat harus bersih dan bebas dari lempung atau bahan yang tidak dikehendaki lainnya. Agregat kasar harus awet, mempunyai kekekalan bentuk dan mempunyai muka bidang pecah *(angularitas)* yang cukup untuk memberikan daya dukung/stabilitas kepada campuran beraspal. Persyaratan teknis agregat kasar untuk bahan campuran aspal beton diberikan dalam Tabel 2.1 dibawah ini :

Tabel 2.1 Ketentuan Agregat Kasar

Pengujian	Standar	Nilai
Kekekalan bentuk agregat terhadap larutan natrium dan magnesium sulfat.	SNI 03-3407-1994	Maks. 12 %
Abrasi dengan Mesin Los Angeles	SNI 03-2417-1991	Maks. 40%
Kelekatan agregat terhadap Aspal	SNI 03-2439-1991	Min. 95%
Kepipihan	ASTM D-4791	Maks. 10%
Partikel Lonjong	ASTM D-4791	Maks. 10%
Berat Jenis	SNI03-1969-1991	Min 2,5
Penyerapan Terhadap Air	SNI03-1969-1991	Maks. 3%
Material Lolos Saringan No. 200	SNI 03-4142-1996	Maks. 1 %

Sumber : Departemen Pekerjaan Umum (2010)

2.2.3 Agregat Halus

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), Agregat Halus adalah material yang lulus saringan No. 8 (2,36 mm) dan tertahan pada saringan No. 200 (75 micron), harus terdiri dari pasir atau hasil penyaringan batu pecah. Agregat halus yang berasal dari hasil pemecah batu (*stone crusher*) harus berasal dari batu induk yang memenuhi persyaratan agregat kasar.

Agregat Halus merupakan bahan yang bersih, keras dan bebas dari gumpalan-gumpalan lembung dan bahan-bahan lain yang mengganggu serta terdiri dari butir-butir yang bersudut tajam dan mempunyai permukaan yang kasar. Pasir yang kotor dan berdebu serta partikel lolos saringan No. 200 (0,075 mm) lebih dari 8%, atau pasir yang mempunyai nilai setara pasir (*sand equivalen)* kurang dari 50% tidak diperkenankan untuk digunakan dalam campuran aspal. Spesifikasi teknis dari agregat halus diberikan pada pada Tabel 2.2 dibawah ini :

Tabel 2.2 Ketentuan Agregat Halus

Pengujian	Standar	Nilai
Nilai Setara Pasir	SNI03-4428-1997	Min. 50% untuk SS,HRS dan AC bergradasi Halus Min 70% untuk AC bergradasi kasar
Material Lolos Saringan No. 200 (0,075mm)	SNI03-4428-1997	Maks. 8%
Kadar Lempung	SNI 3423 : 2008	Maks. 1%
Angularitas(kedalaman dari permukaan < 10 cm)	AASTHO TP-33 atau ASTM C1252-93	Min 40%
Angularitas(kedalaman dari permukaan ≥ 10 cm)		Min. 45%

Sumber : Spesifikasi Departemen Pekerjaan Umum (2010)

2.2.4 Bahan Pengisi (filler)

Bahan pengisi (filler) merupakan bahan campuran yang mengisi ruang antara agregat halus dan kasar yang meningkatkan kepadatan, filler adalah bahan

yang lolos saringan no. 200 (75 micron) dan tidak kurang dari 75% terhadap beratnya. Bahan pengisi (filler) terdiri dari debu batu kapur (limestone dust), abu terbang, semen, abu tanur semen dan abu batu serta harus kering dan bebas dari gumpalan-gumpalan dan bahan lain yang mengganggu (Departemen Pekerjaan Umum, 2010).

Fungsi filler dalam aspal beton adalah untuk mengisi rongga-rongga (void) antara agregat. Dengan filler butiran akan bertambah, sehingga luas bidang kontak yang terjadi antara butiran akan bertambah luas. Akibat yang terjadi adalah tekanan terhadap gaya geser menjadi lebih besar, dan stabilitas terhadap geser bertambah, sehingga luas bidang kontak yang terjadi antara butiran akan bertambah luas.

Syarat yang harus dipenuhi filler adalah :

1) Susunan butiran serapat mungkin;
2) Bersifat netral atau basah;
3) Bersifat non plastis;
4) Bahan tidak terdapat zat organik.

2.2.5 Gradasi agregat

Menurut Bukhari dkk (2007), gradasi didefinisikan secara umum adalah distribusi partikel-partikel berdasarkan ukuran agregat yang saling mengisi sehingga terjadinya suatu ikatan yang saling mengunci (*interlocking*). Gradasi agregat merupakan kondisi agregat yang dibentuk untuk mencapai persyaratan yang diinginkan. perbaikan yang dilaksanakan dengan metode percampuran, jika agregat terlalu kasar maka dicampur dengan agregat yang lebih halus, demikian sebaliknya. gradasi agregat menentukan besarnya rongga dan pori yang mengkin

terjadi dalam agregat campuran. Agregat yang berukuran sama akan memiliki rongga dan berpori lebih banyak, karena tidak terdapat agregat berukuran lebih kecil yang mengisi rongga yang ada. Sebaliknya campuran agregat terdistribusi dari agregat berukuran besar sampai kecil merata, maka rongga atau pori yang terjadi sedikit. Hal ini disebabkan karena rongga yang terbentuk oleh susunan agregat berukuran besar akan diisi oleh agregat yang berukuran kecil (Sukirman, 2003). Gradasi terdiri dari tiga jenis, yaitu :

a. Gradasi seragam *(uniform graded*) atau gradasi terbuka, agregat hanya terdiri dari butir-butir berukuran sama atau hamper sama. Campuran agregat ini mempunyai pori antar agregat yang cukup besar.
b. Gradasi rapat/menerus (*dense graded*), agregat yang ukuran butirnya terdistribusi merata dalam satu rentang ukuran butir. Campuran agregat ini mempunyai pori yang sedikit mudah untuk dipadatkan.
c. Gradasi jelek/senjang (*poorly graded),* agregat yang terdistribusi ukuran butirnya tidak menerus atau ada bagian ukuran yang tidak ada, jika ada hanya sedikit sekali.

Gradasi adalah susunan butir agregat sesuai ukurannya dan ukuran butiran agregat dapat diperoleh melalui pemeriksaan analisis saringan. Satu saringan umumnya terdiri dari saringan berukuran 1 inci, ¾ inci, ½ inci, 3/8 inci, No.4, No.8, No.16, No.30, No.50, No.100 dan No.200. (Sukirman, 2003). Gradasi yang 13 digunakan untuk lapis AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*) dapat dilihat pada tabel 2.3 dibawah ini;

Tabel 2.3 Spesifikasi Gradasi Agregat Laston AC-BC

Ukuran Ayakan		% Berat Yang Lolos	
		AB BC	
ASTM	(mm)	Gradasi Halus	Gradasi Kasar
1 ”	25		
¾”	19	100	100
½”	12,5	90-100	90-100
3/8”	9,5	64-82	71-90
No. 4	4,75	47-64	58-80
No.8	2,36	34,6-49	37-56
No.16	1,18	28,3-38	23-34,6
No.30	0,600	20,7-28	15-22,3
No.50	0,300	13,7-20	10-16,7
No.100	0,150	4-13	5-11
No.200	0,075	4-8	4-8

Sumber: Ketentuan pekerjaan umum

2.3 Lapisan Aspal Beton

Lapisan aspal beton (laston) adalah lapisan penutup kontruksi perkerasan jalan yang mempunyai nilai structural. Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), lapisan aspal beton terdiri dari atas agregat, filler dan aspal, dicampur, dihamparkan dan dipadatkan dalam keadaan panas pada suhu tertentu, Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Agregat minimal yang digunakan yang berkualitas tinggi dan menurut proporsi di dalam batasan yang ketat. Spesifikasi untuk percampuran, penghamparan kepadatan akhir dan penyelesaian akhir permukaan memerlukan pengawasan yang ketat atas seluruh tahap kontruksi

Menurut Sukirman (2003), Lapisan Aspal beton adalah beton aspal bergradasi rapat/menerus yang umum digunakan untuk jalan-jalan dengan beban lalu lintas yang berat,Laston dikenal pula dengan nama AC *(Asphalt Concrete*), dimana karakteristik yang terpenting pada campuran aspal beton ini adalah stabilitas

Menurut Departemen Pekerjaan Umum (2010), Spesifikasi Campuran Laston terdiri dari tiga macam campuran, yaitu : Laston/AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course).* Tebal nominal minimum 4 cm. Laston Antara/ACBC (*Asphalt Concrete-Binder Course)*. Tebal minimum adalah 5 cm. dan Laston Pondasi/AC-Base (*Asphalt Concrete-Base).* Tebal minimum adalah 6 cm. dengan ukuran maksimum agregat masing-masing campuran adalah 19 mm, 25,4 mm, 37,5 mm.

2.3.1 Laston AC-BC (*asphalt concrete-binder course*)

Beton aspal adalah jenis perkerasan jalan yang terdiri dari campuran agregat dan aspal, tanpa bahan tambahan. Material - material pembentuk beton aspal dicampur di instalasi pencampur pada suhu tertentu, kemudian diangkut ke lokasi kemudian dihamparkan dan dipadatkan. Suhu pencampuran ditentukan berdasarkan jenis aspal yang akan digunakan. Jika semen aspal, maka pencampuran umumnya antara 145-155°C. Campuran ini dikenal dengan hotmix. (Silvia Sukirman, 2003).

Ada beberapa jenis beton aspal campuran panas, namun dalam penelitian ini jenis beton aspal campuran panas yang ditinjau adalah AC-BC. Lapis AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course)* adalah lapisan perkerasan yang terletak dibawah lapisan AC-WC (*Asphalt Concrete-Wearing Course*) dan di atas lapisan pondasi (*Base Course).* Lapisan ini tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi harus mempunyai ketebalan dan kekauan 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.lapisan permukaan dimana lapisan permukaan ini harus mampu menerima seluruh jenis beban yang bekerja. Lapisan ini

merupakan perkerasan yang terletak di bawah lapis pengikat AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course)*, perkerasan tersebut tidak berhubungan langsung dengan cuaca, tetapi perlu memiliki stabilitas untuk menahan beban lalu lintas yang disebarkan melalui roda kendaraan.

Penggunaan lapisan AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Cours*e) yaitu untuk lapis permukaan (paling atas) dalam perkerasan dan mempunyai tekstur yang paling halus dibandingkan dengan jenis laston lainnya. Pada campuran laston yang bergradasi menerus tersebut mempunyai sedikit rongga dalam struktur agregatnya dibandingkan dengan campuran bergradasi senjang.

Fungsi dari lap AC-BC (*Asphalt Concrete-Binder Course*). Antara lain :

a) Sebagai lapis permukaan yang tertahan terhadap cuaca, gaya geser dan tekanan roda serta memberikan lapis kedap air yang dapat melindungi lapis dibawahnya dari rembesan air;
b) Sebagai lapis pondasi atas;
c) Sebagai lapis pembentuk pondasi, jika dipergunakan pada pekerjaan peningkatan dan pemeliharaan jalan.

Sesuai fungsinya maka lapis aspal beton atau perkerasan lentur mempunyai kandungan agregat dan aspal yang berbeda. Sebagai lapis pondasi, maka kadar aspal yang dikandungnya haruslah cukup sehingga dapat memberikan lapis yang kedap air. Agregat yang dipergunakan agak kasar jika dibandingkan dengan aspal beton yang berfungsi sebagai lapis aus atau lapisan permukaan.

2.3.2 Aspal

Aspal adalah suatu bahan perekat yang berwarna hitam sampai coklat tua dimana unsur utamanya adalah bitumen yang secara berangsur-angsur akan

menjadi cair bila dipanaskan. Aspal dapat diperoleh langsung di alam atau sebagai hasil residu dari penyulingan minyak bumi. aspal juga merupakan material yang pada temperatur ruang berbentuk padat sampai agak padat.

Fungsi aspal dalam campuran perkerasan adalah sebagai bahan pengikat antara aspal dan agregat, serta pengikat antara sesama aspal. Banyaknya aspal dari campuran perkerasan berkisar antara 4% - 10% berdasarkan berat campuran, atau 10% - 15% berdasarkan volume campuran (Sukirman, 2003).

2.3.3 Penetrasi

Sukirman (1999), menyebutkan pemeriksaan penetrasi bertujuan untuk memeriksa tingkat kekerasan aspal pada suhu 25ºC. Penggunaan aspal untuk campuran perkerasan berbeda nilai persentasinya antara daerah dingin dan panas. Aspal dengan penetrasi rendah digunakan untuk daerah bercuaca panas atau dengan daerah beban volume lalu lintas yang tinggi, sedangkan aspal yang berpenetrasi tinggi digunakan untuk daerah dengan cuaca dingin dan beban lalu lintas dengan volume rendah.

2.3.4 Titik lembek

Sukirman (1999), menyatakan bahwa titik lembek adalah suhu dimana suatu lapisan aspal dalam cincin yang diletakkan horizontal di dalam larutan air yang dipanaskan secara teratur menjadi lembek karena beban bola baja yang diletakkan diatasnya sehingga lapisan aspal tersebut jatuh. Aspek dengan titik lembek yang lebih tinggi kurang peka terhadap perubahan temperatur dan lebih baik untuk bahan pengikat kontruksi perkerasan.

2.3.5 Daktilitas

Sukirman (1999), Menyebutkan tujuan dari pemeriksaan daktilitas adalah untuk mengetahui sifat kohesi dalam aspal itu sendiri. Aspal dengan daktilitas yang lebih besar mengingat butiran-butiran agregat lebih baik tetapi lebih peka terhadap perubahan temperatur

2.3.6 Berat jenis Maksimum Campuran

Berat jenis maksimum campuran adalah perbandingan berat isi benda campuran beraspal dalam keadaan rongga udara sama dengan nol. Berat jenis maksimum campuran pada masing-masing kadar aspal diperlukan untuk menghitung kadar rongga masing-masing kadar aspal

Rumus: $\frac{100}{\frac{A}{T}+\frac{(100-A)}{V}}$

Dimana:

A = persen (%) aspal terhadap agregat

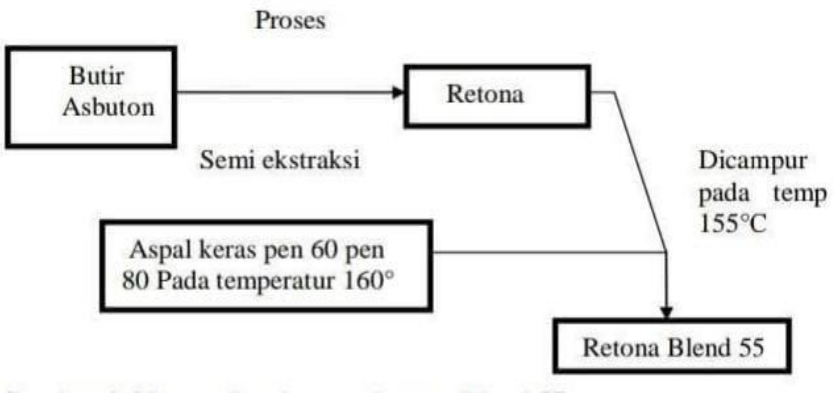
T = berat jenis efektif aspal

V = berat jenis efektif agregat

2.3.7 Aspal Retona Blend 55

Aspal Retona Blend 55 merupakan nama produk ekstraksi batuan aspal dari Pulau Buton, Campuran pada Retona terdiri dari 20% aspal Buton dicampur 80% aspal minyak konvensional, bisa dari pertamina maupun dari shall (Pen) 60- 70 menghasilkan aspal Retona Bland 55. Aspal Retona Blend 55 berfungsi sebagai aspal dan pengisi rongga dalam campuran beraspal diharapkan kinerja campuran beraspal panas dapat mengantisipasi kerusakan dini yang terjadi pada ruas-ruas

jalan yang melayani beban lalu-lintas berat dan temperatur tinggi,Aspal Retona Blend 55 adalah merupakan gabungan antara asbuton butir yang telah diekstraksi sebagian dengan aspal keras pen 60 dan pen 80 yang perbuatannya dilakukan secara fabrikasi dengan proses seperti diperlihatkan pada gambar 2.3 dibawah ini :



Gambar 2.3 Proses Pembuatan Retone Blend 55
Sumber: Anonim,2008

Kegunaan campuran beraspal panas menggunakan Retona Blend 55 lebih diutamakan untuk melapisi ruas jalan dengan temperatur perkerasan beraspal yang tinggi untuk melayani lalu lintas berat dan padat yaitu beban lalu lintas rencana > 10.000.000 ESAL atau LHR > 2000 kenderaan per hari dengan jumlah kenderaan truk lebih dari 15% (Anonim, 2008).

Aspal Retona Blend 55 juga mempunyai kelebihan dibandingkan dengan aspal biasa yaitu stabilitas yang tinggi, untuk menjaga agar campuran beraspal tahan terhadap deformasi permanen dan deformasi plastic, durability (keawetan) mampu menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim serta gesekan antara roda kendaraan dengan permukaan perkerasan jalan dan cukup kedap air karena filler yang terkandung dalam Retona Blend 55 bersifat hydrophobic sehingga

tidak ada rembesan air yang masuk ke lapis pondasi di bawahnya.dapat dilihat pada tabel 2.4 berikut ini:

Tabel 2.4 Persyaratan Aspal Retona Blend 55.

No.	Jenis pengujian	Metode	Syarat	Satuan
1	Penetrasi, 25°C; 100 gr; 5 detik; 0,1 mm	SNI 06-2456-1991	45 - 55	0,1 mm
2	Titik lembek, °C	SNI 06-2434-1991	Min.55	°C
3	Titik nyala. °C	SNI 06-2433-1991	Min.225	°C
4	Daktilitas; 25°C	SNI 06-2432-1991	Min.50	Cm
5	Berat jenis	SNI 06-2441-1991	Min.1,0	Ton/m³
6	Kelarutan dalam Trichlor Ethylen, % berat	RSNI M-04-2004	Min.90	% berat
7	Penurunan berat (dengan TFOT), % asli	SNI 06-2440-1991	Maks.2,0	% berat
8	Penetrasi setelah kehilangan berat, % asli	SNI 06-2456-1991	Min. 55	% asli
9	Daktilitas setelah TFOT, cm	SNI 06-2432-1991	Min. 50	Cm
10	Mineral lolos saringan no. 100, %*	SNI 06-1968-1990	Min. 90	%*

Sumber : Anonim (2008)

2.4 Penelitian Yang Relevan terhadap Penggunaan Cangkang Sawit

Penelitian yang berhubungan dengan penggunaan cangkang kelapa sawit : Dwi Archenita (2004), dengan penelitian berjudul pemanfaatan Limbah Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Agregat Untuk Perkerasan Aspal Beton. Penelitian ini menggunakan cangkang kelapa sawit sebagai agregat kasar pada Campuran Aspahalt Concrete (AC) dengan menggunakan metode Marshall. Dari penelitian

ini diperoleh hasil yang memenuhi spesifikasi untuk campuran AC pada komposisi agregat 25%.

2.5 Perencanaan Campuran Aspal Beton

Menurut Sukirman (2003), Perencanaan campuran beraspal bertujuan untuk mendapatkan campuran efektif dari gradasi agregat dan dari aspal. Suatu campuran beraspal sebagai lapis perkerasan harus memiliki karakteristik :

a) Stabilitas (*stability*) Stabilitas adalah kemampuan perkerasan jalan menerima beban lalu lintas tanpa terjadi perubahan bentuk tetap seperti gelombang, alur, ataupun bleeding;
b) Keawetan (*durability*) Keawetan atau durabilitas adalah kemampuan aspal beton menerima repetisi beban lalu lintas seperti berat kenderaan dan gesekan antara roda kenderaan dan permukaan jalan, seta menahan keausan akibat pengaruh cuaca dan iklim, seperti udara, air atau perubahan temperature;
c) Kelenturan (*flexibility*) Kelenturan atau flexibilitas adalah kemampuan lapisan perkerasan jalan untuk dapat menyesuaikan diri akibat penurunan konsolidasi dan pergerakan dari pondasi atau tanah dasar, tanpa terjadi retak;
d) Ketahanan terhadap kelelehan (*fatique resistance*) Ketahanan terhadap kelelehan adalah kemampuan lapisan aspal untuk menahan lendutan berulang akibat repitisi beban, tanpa terjadi kelelahan berupa alur dan retak;
e) Kemudahan dalam proses pelaksanaan (*workability*) Kemudahan dalam pelaksanaan diartikan sebagai kemampuan campuran aspal beton untuk

mudah dihamparkan dan dipadatkan serta mencapai kepadatan yang diinginkan tanpa kesulitan;

f) Kekesatan permukaan (*skid resistence*) Kekesatan permukaan atau ketahan terhadap geser dapat diartikan kemampuan aspal beton terutama pada kondisi basah, memberikan gaya gesek pada roda kenderaan sehingga kenderaan tidak tergelincir atau slip;

g) Kedap air (*impermeability*) Kedap air adalah kemampuan campuran aspal beton untuk tidak dapat dimasuki air ataupun udara kedalam lapisan aspal beton.

2.6 Perkiraan Awal Kadar Aspal

Menurut Anonim (2008), menghitung perencanaan kadar aspal menggunakan rumus sebagai berikut :

1) Perkiraan kadar aspal rancangan dapat diperoleh dari rumus dibawah ini :

   Pb = 0,035(%CA)+0,045(%FA)+0,18(%Filler)+Konstanta ……..(2.2)

   Dimana :

   Pb = Kadar aspalm tengah/ideal, persen terhadap berat campuran;

   CA = Agregat kasar tertahan saringan No. 8;

   FA = Agregat halus lolos saringan No. 8 dan tertahan saringan No.200;

   Filler = Filler adalah agregat minimal lolos saringan No. 200.

Nilai konstanta sekitar 0,5 untuk penyerapan agregat yang rendah dan 1,0 untuk penyerapan agregat yang tinggi.

2) Benda uji yang digunakan dengan kadar aspal sesuai perkiraan yang dibulatkan menjadi 0,5 dengan dua kadar aspal dan dua kadar aspal

dibawah kadar aspal perkiraan awal yang sudah dibulatkan mendekati 0,5%.

2.7 Pengujian Menggunakan Metode Marshall

Karakteristik campuran aspal beton dapat diperiksa dengan menggunakan alat Marshall. Pemeriksaan ini dimaksudkan untuk menentukan ketahanan (stabilitas) terhadap kelelehan plastis (*flow*) dari campuran aspal. Perbandingan antara stabilitas dan kelelehan dikenal sebagai marshall quetiont, yaitu sebuah gambaran kekakuan yang merupakan ukuran ketahanan benda uji terhadap deformasi. Pemeriksaan Test Marshall dimaksudkan untuk menentukan : stabilitas, kelelehan plastis (*flow*), berat volume (*density*), persen rongga dalam 22 campuran (VIM), persen rongga terisi aspal (VFB), persen rongga antar butir agreagt (VMA) dan Marshall Quetiont (MQ).

Sukirman (2003), menyatakan kinerja beton aspal padat ditentukan melalui pengujian benda uji yang meliputi penentuan berat volume benda uji, pengujian nilai stabilitas, pengujian kelelehan, pengujian Marshall Quetiont, perhitungan berbagai jenis volume pori dalam beton aspal padat (VIM,VMA, dan VFA) dan tebal selimut atau film aspal.

Alat Marshall merupakan alat tekan yang dilengkapi dengan proving ring (cincin penguji) berkapasitas 22,2 KN (=5000lbf) dan flowmeter. Proving ring digunakan untuk mengukur nilai stabilitas dan flowmeter untuk mengukur kelelehan plastis atau flow. Benda uji Marshall berbentuk silinder berdiameter 4 inchi (=10,2 cm) dan tinggi 2,5 inchi. Prosedur pengujian Marshall mengikuti SNI 06-2489-1991, atau AASTHO T 245-90, atau ASTM D 1559-76.

2.7.1 Stabilitas (*stability*)

Stabilitas adalah kemampuan suatu campuran aspal untuk menerima beban sampai terjadi kelelehan plastis yang dinyatakan dalam kilogram atau pon (Sukirman, 1999). Bukhari (2007), menyebutkan stabilitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaaan berikut ini :

$$S = p \times q \times r \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana :

S = Stabilitas (kg);

P = kalibrasi alat Marshall;

q = pembacaan dial stabilitas;

r = koreksi benda uji

2.7.2 Kelelehan plastis *(flow)*

Bukhari dkk (2007), menyatakan bahwa kelelehan plastis atau *flow* adalah keadaan perubahan bentuk benda uji campuran aspal beton saat akan runtuh yang didapat dari pembacaan dial flow pada alat Marshall.

2.7.3 Berat volume *(density)*

Menurut *Bukhari* dkk (2007), berat volume atau density adalah perbandingan antara berat kering benda uji dengan volumenya. Persamaan untuk mendapatkan nilai density dapat dilihat persamaan berikut ini :

$$g = \frac{c}{f} \quad \text{.....(2.4)}$$

Dimana :

g = density (gr/cm3);

c = berat kering (gr);

f = (d – e);

d = berat benda uji pada SSD (gram);

e = berat benda uji dalam air (gram).

2.7.4 Marshall Quotient (MQ)

Marshall quotient adalah perbandingan nilai stabilitas dan flow. Bukhari (2007), menyebutkan besarnya nilai Marshall quotient dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut :

MQ = $\frac{S}{FLOW}$.....(2.5)

Dimana :

MQ = nilai Marshall quotient (kg/mm);

S = nilai stabilitas Marshall (kg);

Flow = pembacaan dial flow (mm).

2.7.5 Rongga dalam campuran (VIM)

Void in mix (VIM) atau rongga dalam campuran adalah bagian ruang kosong dari seluruh campuran yang merupakan perbandingan volume ruang udara dengan volume sampel yang didapatkan dan dinyatakan dalam persen. Bukhari (2007), menyebutkan besarnya nilai rongga dalam campuran dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

N = 100 – 100 x $\frac{g}{h}$……(2.6)

Dimana:

n = Persen Rongga Dalam Campuran (%);

g = Berat Volume Atau Density (gram/cm3);

h = Berat Jenis Maksimum (persen); =;100 : (%agregat/Bj + % aspal/ Bj).

2.7.6 Persen rongga antar butir agregat (VMA)

Rongga di dalam mineral agregat atau rongga antara butiran agregat adalah volume rongga yang terdapat di antara partikel agregat suatu campuran perkerasan yang telah dipadatkan, yaitu rongga udara dan volume kadar aspal efektif, yang dinyatakan dalam persen terhadap volume tetap benda uji (Sukirman, 2003). Perhitungan nilai rongga antar butir agregat (VMA) terhadap campuran dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

1 = 100 – j ……..……..(2.7)

Dimana :

1 = persen rongga antar butir agregat;

J = (100b). g/ Bj aspal

b = persen aspal terhadap campuran;

g = berat volume benda uji (gram/cm3).

2.7.7 Rongga terisi aspal (VFB)

Menurut *Bukhari* dkk (2007), Voids Filled by Bitumen atau rongga yang terisi aspal adalah perbandingan antara rongga-rongga yang terisi aspal dengan volume benda uji. Besarnya rongga terisi aspal didapat dengan persamaan berikut ini :

m = 100 x i…….…….…….(2.8)

Dimana :

m = persen rongga terisi aspal;

I = (b x g) Bj aspal

b = persen aspal terhadap campuran;

g = berat benda uji (gram); 1 = 100-j;

J = (100-b) x g/Bj aspal.

2.8 Penentuan Kadar Aspal Optimum (KAO)

Menurut *Bukhari* dkk (2007), pada tahap awal perencanaan percampuran, diawali dengan penentuan atau pemilihan jenis gradasi agregat dan kadar aspal. Bila jenis (mutu) gradasi agregat dan kadar aspal telah dipilih atau diketahui, maka perencanaan berikutnya adalah menentukan kadar aspal optimum (KAO).

2.9 Analisa Regresi

Untuk menganalisa bentuk hubungan kedua variabel dipakai analisa regresi. Menurut *Triatmodjo* (2002), variabel-variabel terdiri atas bebas dan dua variabel terikat. Untuk mendapatkan persamaan garis atau kurva yang mewakili dua variabel yang akan dicari hubungannya, terlebih dahulu dilakukan pengumpulan data dari hasil pengujian. Garis atau kurva pendekatanyang mewakili titi-titik dalam diagram pencar dapat berupa garis lurus (linier) maupun garis lengkung (non linier). Beberapa bentuk regresi yang ada diantaranya adalah :

- regresi linier; y = a = bx……..(2.9)
- regresi linier berganda; y = a0 + a1x1 +a2.x2…….(2.10)
- regresi non linier berganda orde 2; y = a0 + a1x +a2x……(2.11)

Dimana :

x = variabel bebas;

y = variabel terikat.

2.10 Spefikasi Kandungan Cangkang Sawit

Apabila membicarakan cangkang sudah pasti mengarah pada persoalan limbah. Urusan sampah yang seolah-olah demikian adanya,tanpa harus diberi perhatian lebih. Menumpuk tanpa henti dan dibiarkan begitu saja. Begitu halnya yang terjadi pada umumnya buah yang memiliki cangkang atau tempurung. Bagian inti(isi)buahnya diambil,sementara kulitnya dalam konteks ini atau cangkangnya dibuang menjadi sampah. Namun berbeda lagi dengan cangkang kelapa sawit. Justru selain dimanfaatkan isi buahnya sebagai bahan membuat minyak,cangkangnya juga turut memiliki daya guna yang luar biasa. Apa saja spesifikasi kandungan cangkang sawit sehingga menjadikan cangkang sawit memiliki status lebih bermanfaat dibandingkan dengan yang lain. Tidak ketinggalan pula, hal penting lain yang harus anda ketahui ialah terkait kandungan yang terdapat dalam cangkang atau tempurung kelapa sawit. Dimana cangkang ini memiliki unsur-unsur yang sama sekali berbeda dengan cangkang buah yang lainnya. Utamanya dengan kelapa biasa pada umumnya.Adapun beberapa unsur yang menjadi kandungan khas cangkang sawit ialah akan dipaparkan sebagai berikut:

- Kadar Air

  Dengan mengandung (kadar air) yang lembab moisture in analisys sebesar 8-11% Air dried basis,setidaknya menjadikan cangkang sawit sangat cocok untuk dijadikan bahan bakar,sebab pada dasarnya semakin berkurangnya intensitas kadar air dalam sesuatu,maka menjadikannya mudah untuk terbakar.selain itu kondisi kadar air ini pula turut menentukan kualitas daya tahan dan kekuatan.

- Kadar Abu

  Memiliki ash content (kadar abu) yang rendah,yakni kurang lebih sekitar 2-3% menjadikannya sangat cocok untuk menggantikan batu bara.dengan menggunakan cangkang sawit sebagai bahan bakar arang,setidaknya sangat membantu dalam melakukan pelestarian sumber daya alam yang terbatas.selain itu,dengan menggunakan cangkang kelapa sawit ini lebih memberdayakan stok sumber daya yang mudah diperbaharui.

- Kadar Penguapan

  Intensitas kadar penguapan yang lumayan tinggi,*volatile matter* yakni berkisar 69-70%. Apabila demikian,hal ini berarti dengan menggunakan cangkang sawit akan jauh lebih ramah terhadap lingkungan sekitar. Sebab cangkang sawit lebih relatife rendah mengandung zat sulphur karbon, sehingga mengurangi polusi pencemaran udara.

  Dan berikut cangkang kelapa sawit ditunjukkan pada gambar 2.3 dibawah ini

Gambar 2.3 Cangkang kelapa sawit
Sumber: Dokumentasi Lapangan

Cangkang sawit mengandung selulosa sebesar 45% dan hemiselulosa sebesar 26% yang baik untuk dimanfaatkan sebagai arang aktif (Rasmawan,

2009). Menurut Pope (1999), bahan organik yang mengandung lignin, 5hemiselulosa, dan selulosa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif karena sangat efektif mengadsorpsi limbah cair. Selain itu lignin dan selulosa sebagian besar tersusun dari unsur karbon yang pada umumnya dapat dijadikan karbon. Cangkang sawit termasuk bahan berlignoselulosa berkadar karbon tinggi dan memiliki massa jenis lebih daripada kayu sebesar 1,4 g/ml. Dimana semakin besar massa jenis bahan baku, daya serap arang aktif yang dihasilkan akan semakin besar sehingga baik untuk dijadikan arang aktif (Nurmala dan Hartoyo, 1990).

Tabel 2.5 Kerakteristik cangkang kelapa sawit

NO	Parameter	Hasil (%)
1	Kadar air	7,8
2	Kadar abu	2,2
3	Kadar yang menguap	69,5
4	Karbon aktif murni	20,5

Sumber: Kim dkk,1996

2.11 Karbon aktif

Karbon aktif adalah suatu bahan yang berupa karbon amorf yang mempunyai luas permukaan yang sangat besar, yaitu 200 sampai 200 m2 /g. Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang paling sering digunakan pada proses adsorpsi. Hal ini disebabkan karena karbon aktif mempunyai daya adsorpsi dan luas permukaan yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya. Luas permukaan yang besar ini disebabkan karena mempunyai struktur pori-pori. Poripori inilah yang menyebabkan karbon aktif mempunyai kemampuan untuk menyerap (Sudibandriyo, 2003).

2.11.1 Jenis-jenis karbon aktif

Berdasarkan bentuknya, karbon aktif dapat dibedakan menjadi tiga golongan, yaitu (Sukir, 2008):

1. Bentuk serbuk. Karbon aktif berbentuk serbuk dengan ukuran lebih kecil dari 0,18 mm (80#). Terutama digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Digunakan pada industri pengolahan air minum, industri farmasi, terutama untuk pemurnian monosodium glutamat, bahan tambahan makanan, penghilang warna asam furan, pengolahan pemurnian jus buah, penghalus gula, pemurnian asam sitrat, asam tartarik, pemurnian glukosa dan pengolahan zat pewarna kadar tinggi.
2. Bentuk granular. Karbon aktif bentuk granular/tidak beraturan dengan ukuran 0,2 – 0,5 mm. Jenis ini umumnya digunakan dalam aplikasi fasa cair dan gas. Beberapa aplikasi dari jenis ini digunakan untuk: pemurnian emas, pengolahan air, air limbah dan air tanah, pemurni pelarut dan penghilang bau busuk.
3. Bentuk pellet. Karbon aktif berbentuk pellet dengan diameter 0,8-5 mm. Kegunaaan utamanya adalah untuk aplikasi fasa gas karena mempunyai tekanan rendah, kekuatan mekanik tinggi dan kadar abu rendah. Digunakan untuk pemurnian udara, kontrol emisi, tromol otomotif, penghilang bau kotoran, dan pengontrol emisi pada gas buang.

Berdasarkan pori-porinya, karbon aktif dapat dibedakan menjadi tiga jenis, yaitu (Sukir, 2008):

1. Makropori. Merupakan bagian paling luar dari karbon aktif, dengan jari-jari lebih besar dari 50 nm dengan volume pori-pori 0,2-0,5 cm3 /gr dan luas permukaan 0,2-2 m2 /gr. Makropori dan mesopori memberikan kapasitas adsorpsi karbon aktif dan kegunaanya terbentuk selama aktivasi.
2. Mesopori. Memiliki jari-jari 2-50 nm dengan volume pori-pori mencapai 0,02-0,01 cm3 /gr dengan luas permukaan 1-100 m2 /gr. Mesopori merupakan cabang setelah makropori dan berfungsi sebagai sarana transportasi.
3. Mikropori. Merupakan pori-pori terkecil dengan jari-jari kurang dari 2 nm dengan volume pori 0,15-0,5 cm3 /gr dan luas permukaan mencapai 100-1000 m 2 /gr'

Berdasarkan fungsinya, karbon aktif dibedakan menjadi dua, yaitu (Setyaningsih, 1995) :

1. Karbon penyerap gas (gas adsorbent carbon). Jenis arang ini digunakan untuk menyerap kotoran berupa gas. Pori-pori yang terdapat pada arang jenis ini adalah mikropori yang menyebabkan molekul gas akan mampu melewatinya, tapi molekul dari cairan tidak bisa melewatinya. Karbon jenis ini dapat ditemui pada karbon tempurung kelapa.
2. Karbon fasa cair (liquid-phase carbon). Arang jenis ini digunakan untuk menyerap kotoran atau zat yang tidak diinginkan dari cairan atau larutan. Jenis pori-pori dari karbon ini adalah makropori yang memungkinkan molekul besar untuk masuk. Arang jenis ini biasanya berasal dari batubara dan selulosa.

2.11.2 Kerakteristik karbon aktif

Karakterisasi karbon aktif adalah sifat dari karbon aktif yang akan mempengaruhi kualitas karbon aktif. Karakterisasi ini dapat berupa:

1. Rendemen. Penetapan rendemen karbon bertujuan untuk mengetahui jumlah karbon yang dihasilkan setelah melalui karbonisasi (Pujiarti dan Gentur, 2005). Karbon aktif yang baik akan memberikan nilai rendemen yang tinggi. Terdapatnya rendemen yang rendah dapat disebabkan oleh masih meningkatnya laju reaksi antara karbon dan gas-gas serta banyaknya jumlah senyawa zat menguap yang terlepas.
2. Kadar air. Kadar air merupakan kandungan air dalam arang dengan kondisi kering udara. Pada saat arang keluar dari tungku pengarangan, kadar air yang terkandung sangat kecil, biasanya kurang dari 1%. Proses penyerapan air dari udara sangat cepat, sehingga dalam waktu singkat kadar air mencapai kadar air keseimbangan dengan udara sekitarnya. Arang yang berkualitas baik yang dipasarkan adalah arang yang mempunyai kadar air 5-10% (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 10%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730- 8 1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 4,5% untuk granular dan 15% untuk powder.
3. Kadar abu. Karbon aktif yang dibuat dari bahan alam tidak hanya mengandung senyawa karbon saja, tetapi juga mengandung beberapa mineral. Sebagian mineral ini hilang selama proses karbonisasi dan aktivasi, sebagian lagi tertinggal dalam karbon aktif (Jankowska et all,

1991). Kadar abu merupakan jumlah sisa dari akhir proses pembakaran. Residu tersebut berupa zat-zat mineral yang tidak hilang selama proses pembakaran (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar abu maksimal 2,5%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730- 1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 2,5% untuk granular dan 10% untuk powder.

4. Kadar zat terbang atau bagian yang hilang pada pemanasan 950oC. Zat mudah menguap adalah zat selain air, yaitu karbon terikat dan abu yang terdapat di dalam arang, yang terdiri atas cairan dan sisa ter yang tidak habis dalam proses karbonisasi. Kadar zat mudah menguap ini tergantung pada proses pengarangan dan temperatur yang diberikan. Apabila proses karbonisasi lama dan temperatur karbonisasi ditingkatkan akan semakin menurunkan persentase kadar zat menguapnya (Prameidia, 2013). Berdasarkan SII No. 0258-79, karbon aktif yang baik mempunyai kadar zat mudah menguap maksimal 15%, sedangkan berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik mempunyai kadar air maksimal 15% untuk granular dan 25% untuk powder.
5. Kadar karbon terikat. Kadar karbon terikat adalah fraksi C dalam arang. Kadar karbon terikat dipengaruhi oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu (Prameidia, 2013). Karbon dalam arang adalah zat yang terdapat pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat-zat yang masih terdapat pada pori-pori arang (Saputri, 2013). Semakin besar kadar zat mudah menguap dan kadar abu maka akan

menurunkan kadar karbon terikat (Prameidia, 2013). Berdasarkan SNI 06-3730-1995, karbon aktif yang baik 9 mempunyai kadar karbon aktif murni minimal 80% untuk granular dan 65% untuk powder.

6. Daya serap terhadap I2. Adsorpsi iodin telah banyak dilakukan untuk menentukan kapasitas adsorpsi karbon aktif. Angka iodin didefinisikan sebagai jumlah milligram iodin yang diadsorpsi oleh satu gram karbon aktif. Daya serap atau adsorpsi karbon aktif terhadap iodin mengindikasikan kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi komponen dengan berat molekul rendah (Miranti, 2012). Jika dimisalkan konsentrasi filtrat adalah 0,02 N, pada metode ini diasumsikan bahwa iodin berada dalam kesetimbangan pada konsentrasi 0,02 N, yaitu dengan terbentuknya lapisan tunggal (monolayer) pada permukaan karbon aktif dan inilah yang menjadi alasan mengapa terdapat hubungan antara bilangan iodin dengan luas permukaan spesifik karbon aktif (Jankowska et all., 1991). Karbon aktif dengan kemampuan menyerap iodin yang tinggi berarti memiliki luas permukaan yang lebih besar dan juga memiliki struktur mikro dan mesoporous yang lebih besar (Miranti, 2012).

Tabel 2.6 Standart Kualitas Karbon Aktif Menurut SII.0258-79

Jenis	**persyaratan**
Bagian yang hilang pada pemanasan 950℃	Maksimum 15%
Air	Maksimum10%
Abu	Maksimum 2,5%
Bagian yang tidak diperarang	Tidak nyata
Daya serap terhadap l_2	Minimum 20%

Sumber: Sembiring Dan Sinaga,2003

Tabel 2.7 Standart Kualitas Karbon Aktif Menurut SNI,06-3730-1995

Jenis	Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950℃, %	Maks,15%	Maks,25%
Kadar air,%	Maks. 4,5%	Maks.15%
Kadar abu,%	Maks, 2,5%	Maks.10%
Bagian tidak mengarang	Tidak nyata	Tidak nyata
Daya serap terhadap l_2,mg/g	Min.750	Min.750
Karbon aktif murni,%	Min. 80	Min.65
Daya serap terhadap benzen,%	Min. 25	-
Daya serap terhadap biru metilen, mg/g	Min. 60	Min.120
Kerapatan jenis curah, g/ml	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325, %	-	-
Jarak mesh, %	90	-
Kekerasan, %	80	-

Sumber: SNI.06-3730-1995

2.11.3 Proses Pembuatan Karbon Aktif

a) Dehidrasi

Dehidrasi bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung di dalam bahan baku. Caranya yaitu dengan menjemur di bawah sinar matahari atau pemanasan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit (Miranti, 2012).

b) Karbonisasi

Karbonisasi atau pengarangan adalah suatu proses pemanasan pada suhu tertentu dari bahan-bahan organik dengan jumlah oksigen sangat terbatas, biasanya dilakukan dalam furnace. Proses ini menyebabkan terjadinya penguraian senyawa organik yang menyusun struktur bahan membentuk metanol, uap asam asetat, tar-tar, dan hidrokarbon. Material padat 11 yang

tinggal setelah karbonisasi adalah karbon dalam bentuk arang dengan pori-pori yang sempit (*Cheremisinoff*, 1993). Pada proses karbonisasi, arang yang dihasilkan mempunyai daya serap rendah karena masih ada senyawa pengotor diantaranya hidrokarbon, air, dan oksida-oksida (Sembiring, 2003). Menurut Astuti (1990) dijelaskan bahwa secara umum proses karbonisasi sempurna adalah pemanasan bahan baku tanpa adanya udara sampai temperatur cukup tinggi untuk mengeringkan dan menguapkan senyawa.

Selama karbonisasi banyak elemen nonkarbon, hidrogen, dan oksigen diubah menjadi gas oleh dekomposisi pirolisis dari bahan mula-mula, dan atom-atom karbon bebas mengelompok dalam formasi kristalografis yang dikenal sebagai kristal grafit. Susunan kristal tidak beraturan, sehingga celahcelah bebas tetap ada diantaranya dan rupanya hasil dari penumpukan dan dekomposisi bahan-bahan tar ini mengotori atau paling sedikit memblokir karbon yang tidak terorganisasi (amorph). Bahan karbon yang demikian kemudian dapat diaktivasi secara parsial dengan mengubah produk tar dengan memanaskannya dalam aliran gas inert, atau dengan mengekstraksinya menggunakan solvent yang sesuai, atau denga reaksi kimia (*Rodriguez*, 1993).