

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

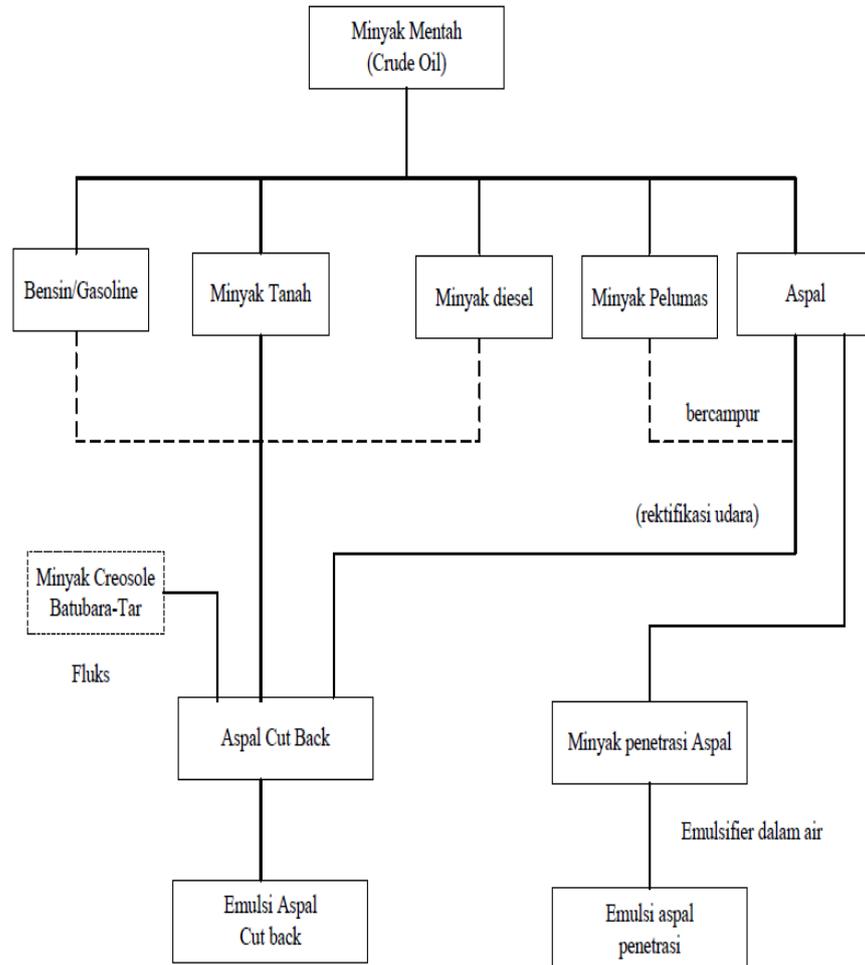
2.1 Aspal

Aspal adalah material termoplastik yang akan menjadi keras atau lebih kental jika temperatur berkurang dan akan lunak atau lebih cair jika temperatur bertambah. Sifat ini dinamakan kepekaan terhadap perubahan temperatur, yang dipengaruhi oleh komposisi kimiawi aspal walaupun mungkin mempunyai nilai penetrasi atau viskositas yang sama pada temperatur tertentu. Aspal yang mengandung lilin lebih peka terhadap temperatur dibandingkan dengan aspal yang tidak mengandung lilin. Hal ini terlihat pada aspal yang mempunyai viskositas yang sama pada temperatur tinggi tetapi sangat berbeda viskositas pada temperatur rendah. Kepekaan terhadap temperatur akan menjadi dasar perbedaan umur aspal untuk menjadi retak ataupun mengeras. Bersama dengan agregat, aspal merupakan material pembentuk campuran perkerasan jalan (Sukirman, 2003).

Aspal bersifat viskos atau padat, berwarna hitam atau coklat, mempunyai daya lekat, mengandung bagian utama yaitu hidrokarbon yang dihasilkan dari minyak bumi atau kejadian alami dan terlarut dalam karbondisulfida (Wignall, 2003).

2.2 Sumber Aspal

Aspal yang dihasilkan dari minyak mentah diperoleh melalui proses destilasi minyak bumi. Proses destilasi ini dilakukan dengan pemanasan hingga suhu 350°C di bawah tekanan atmosfer untuk memisahkan fraksi-fraksi minyak seperti bensin, minyak tanah dan minyak. Proses pemisahan dari bahan bakar minyak bumi dapat dilihat pada gambar 1 (Wignall, 2003).



Gambar 1. Proses Pemisahan Aspal

2.3 Jenis – Jenis Aspal

Secara umum aspal dapat diklasifikasikan berdasarkan asal dan proses pembentukannya sebagai berikut :

2.3.1 Aspal Alamiah

Aspal alamiah berasal dari berbagai sumber, seperti pulau Trinidad dan Bermuda. Aspal dari Trinidad mengandung kira-kira 40% organik dan zat-zat anorganik yang tidak dapat larut, sedangkan yang berasal dari Bermuda mengandung kira-kira 6% zat-zat yang tidak dapat larut (Oglesby, 1996).

2.3.2 Aspal Batuan

Aspal batuan adalah endapan alamiah batu kapur atau batu pasir yang dipadatkan dengan bahan-bahan berbitumen. Aspal ini terjadi diberbagai bagian di Amerika Serikat. Aspal ini umumnya membuat permukaan jalan yang sangat tahan lama dan stabil tetapi kebutuhan transportasi yang tinggi membuat aspal terbatas pada daerah-daerah tertentu saja (Oglesby, 1996).

2.3.3 Aspal Minyak Bumi

Aspal minyak bumi pertama kali digunakan di Amerika Serikat untuk perlakuan jalan pada tahun 1894. Bahan-bahan pengeras jalan aspal sekarang berasal dari minyak mentah domestik bermula dari ladang-ladang di Kentucky, Ohio, Michigan, Illinois, Mid-Continent, Gulf-Coastal, Rocky Mountain, California, dan Alaska. Sumber-sumber asing termasuk Meksiko, Venezuela, Colombia, dan Timur Tengah. Sebesar 32 juta ton aspal minyak bumi telah digunakan pada tahun 1980 (Oglesby, 1996).

2.3.4 Aspal Beton

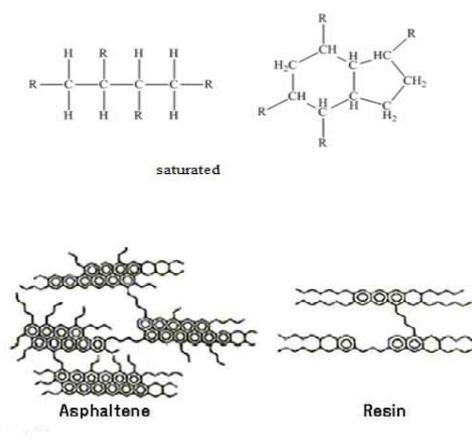
Aspal beton merupakan aspal yang paling umum digunakan dalam proyek-proyek konstruksi seperti permukaan jalan, bandara, dan tempat parkir. Aspal ini terbagi atas beberapa jenis yaitu :

1. Aspal Beton Campuran Panas, diproduksi dengan memanaskan aspal untuk mengurangi viskositas, dan pengeringan agregat untuk menghilangkan uap air sebelum pencampuran. Pencampuran dilakukan pada temperatur sekitar 300°F (150°C) untuk aspal polimer modifikasi dan aspal semen sekitar temperatur 200°F (95°C). Pemadatan dilakukan pada saat aspal cukup panas. HMAC (Hot Mix Asphalt Concrete) merupakan jenis aspal yang paling umum dipakai pada jalan raya.
2. Aspal Beton Campuran Hangat, diproduksi dengan penambahan zeolit, lilin atau aspal emulsi untuk campuran. Penambahan zat aditif dalam campuran tersebut dilakukan untuk mempermudah pemadatan pada cuaca yang dingin.

3. Aspal Beton Campuran Dingin, diproduksi oleh bahan pengemulsi aspal dalam air dan sabun sebelum pencampuran dengan agregat.
4. Aspal Beton, diproduksi dengan melarutkan bahan pengikat dalam minyak tanah atau fraksi yang lebih ringan dari minyak bumi sebelum pencampuran dengan agregat.
5. Aspal Beton Mastis, diproduksi dengan memanaskan aspal keras dalam pencampuran panas sampai menjadi cairan yang lebih kental kemudian menambahkan agregat (Oglesby, 1996).

2.4 Kandungan Aspal

Dari sudut pandang kualitatif aspal terdiri dari dua kelas utama senyawa, yaitu *asphaltene* dan *maltene*. *Asphaltene* mengandung campuran kompleks hidrokarbon (5%-25%), terdiri dari cincin aromatik kental dan senyawa heteroaromatik yang mengandung belerang, amina, amida, senyawa oksigen (keton, fenol atau asam karboksilat), nikel dan vanadium. Di dalam *maltene* terdapat tiga komponen penyusun yaitu *saturated*, *aromatis*, dan *resin*. Strukturnya kandungan aspal dapat dilihat pada gambar 2 di bawah (Nuryanto, 2008).



Gambar 2. Kandungan aspal

Dari gambar 2 terlihat struktur kandungan aspal dimana masing-masing komponen memiliki struktur, komposisi kimia dan sifat reologi bitumen yang berbeda. *Resin* merupakan senyawa yang berwarna coklat tua yang berbentuk solid atau semi solid sangat polar yang tersusun oleh atom C, H, O, S, dan N, untuk perbandingan

H/C yaitu 1,3 - 1,4, memiliki berat molekul antara 500-50000, dan larut dalam n-heptan. *Aromatis* merupakan senyawa yang berwarna coklat tua, berbentuk cairan kental, bersifat non polar, didominasi oleh cincin tidak jenuh, berat molekul 300-2000, terdiri dari senyawa naften aromatik dan mengandung 40-65% dari total bitumen. *Saturate* merupakan senyawa yang berbentuk cairan kental non polar, berat molekul hampir sama dengan *aromatis*, tersusun dari campuran hidrokarbon lurus, bercabang, alkil naphthene, dan *aromatis*, mengandung 5-20% dari total bitumen (Nuryanto, 2008).

2.5 Aspal Iran

Aspal Iran merupakan salah satu jenis aspal yang diimpor dari Iran-Teheran. Aspal ini direkomendasikan untuk negara-negara yang mempunyai iklim tropis termasuk Indonesia, karena didesain untuk bisa elastis menyesuaikan suhu yang naik dan turun, contohnya aspal tipe grade 60/70. Untuk data jenis pengujian dan persyaratan aspal tersebut tercantum seperti pada tabel 1 dibawah ini (Nuryanto, 2008)

Tabel 1. Data Jenis Pengujian dan Persyaratan Aspal Grade 60/70

| Sifat | Ukuran | Spesifikasi | Standart Pengujian |
|--|------------------|-------------|--------------------|
| Densitas pada T 25 °C | K/m ³ | 1010 - 1060 | ASTM-D71/3289 |
| Penetrasi pada T 25 °C | 0,1 mm | 60/70 | ASTM-D5 |
| Titik leleh | °C | 49/56 | ASTM-D36 |
| Daktilitas pada T 25 °C | Cm | Min. 100 | ASTM-D113 |
| Kerugian pemanasan | % wt | Max. 0,2 | ASTM-D6 |
| Penurunan pada penetrasi setelah pemanasan | % | Max. 20 | ASTM-D6&D5 |
| Titik nyala | °C | Min. 250 | ASTM-D92 |
| Kelarutan dalam CS ² | % wt | Min. 99,5 | ASTM-D4 |
| Spot Test | | Negatif | AASHO T102 |

2.6 Aspal Emulsi

Aspal emulsi merupakan hasil dispersi bahan aspal semen dalam air secara merata dengan menggunakan *emulsifier* yang berfungsi mengikat molekul aspal dengan molekul air.

2.6.1 Jenis-Jenis Aspal Emulsi

Aspal emulsi dapat dikelompokkan menurut jenis muatan listriknya dan menurut kecepatan pengerasannya. Berdasarkan muatan listrik yang dikandungnya, aspal emulsi dapat dibedakan menjadi:

1. Aspal emulsi anionik, mengandung bahan pengemulsi anionik sehingga partikel-partikel aspal bermuatan elektro negatif. Aspal emulsi anionik mempunyai tiga jenis aspal emulsi yaitu, mengikat cepat, mengikat sedang dan mengikat lambat.
2. Aspal emulsi nonionik, merupakan aspal emulsi yang tidak bermuatan listrik karena tidak mengalami ionisasi.
3. Aspal emulsi kationik, merupakan aspal cair yang dihasilkan dari aspal keras dengan cara mendispersikan ke dalam air dengan bantuan bahan pengemulsi. Aspal emulsi kationik mengikat cepat adalah aspal emulsi yang bermuatan positif yang aspalnya memisah cepat dengan air setelah kontak dengan batuan. Aspal emulsi kationik mengikat sedang adalah aspal emulsi yang bermuatan positif yang aspalnya memisah dengan air setelah kontak dengan batuan. Aspal emulsi kationik mengikat lambat adalah aspal emulsi yang bermuatan positif yang aspalnya memisah dengan air secara lambat setelah kontak dengan batuan (Mutohar, 2002).

Berdasarkan kecepatan pengerasannya, aspal emulsi dibedakan menjadi

- a. Aspal emulsi RS (*Rapid Setting*), jenis aspal ini mempunyai tingkat reaksi yang cepat dengan agregat penyertanya dan berubahnya dari emulsi menjadi aspal. Jenis RS akan menghasilkan lapisan film yang relatif tebal.
- b. Aspal emulsi MS (*Medium Setting*), jenis aspal ini memiliki tingkat pencampuran medium dengan sasaran agregat kasar. Karena jenis ini tidak akan memecah jika berhubungan dengan agregat maka campuran yang menggunakan jenis ini akan tetap dapat dihamparkan dalam beberapa menit.
- c. Aspal emulsi SS (*Slow Setting*), jenis aspal ini memiliki stabilitas tinggi untuk hasil pencampuran dengan agregat bergradasi padat dan mengandung kadar agregat halus yang tinggi. (Oglesby, 1996).

2.7 Emulsi

Emulsi adalah campuran dua cairan yang tidak saling campur dimana salah satu cairan terdispersi sebagai tetesan pada cairan yang lain oleh adanya zat ke tiga sebagai penyetabil. Pada dasarnya emulsi terdiri dari tiga fasa yaitu *internal*, *eksternal* dan *interface*. Fasa *internal* (fasa dispersi) berada dalam bentuk tetesan halus, fasa *eksternal* membentuk *matriks* dimana tetesan tersuspensi. Agar sistem menjadi stabil dalam jangka waktu yang lama perlu ditambahkan zat ketiga yang aktif pada *interface* yang disebut *emulsifier* (Shinoda dan Friberg, 1986).

Secara umum emulsi dapat digolongkan dalam dua kelompok, yaitu air dan minyak. Semua air atau fasa-fasa yang larut dalam air diklasifikasikan sebagai air sedangkan yang lain diklasifikasikan sebagai minyak. Jika air terdispersi dalam minyak maka disebut jenis emulsi air dalam minyak (W/O), dengan demikian air sebagai fasa terdispersi dan minyak sebagai fasa bersambung. Sebaliknya jika minyak terdispersi ke air maka emulsi tersebut merupakan jenis emulsi minyak dalam air (O/W). Dibandingkan dengan emulsi minyak dalam air, jenis emulsi air dalam minyak kurang sensitif terhadap pH, tetapi sensitif terhadap panas, peka pada perlakuan elektrik, mempunyai konduktivitas lebih rendah, terwarnai oleh pewarna yang larut dalam minyak, dan dapat diencerkan dengan penambahan minyak murni (Holmberg, 2003).

2.7.1 Sifat–Sifat Emulsi

Sifat –sifat emulsi dapat dilihat dari berbagai ciri, yaitu:

1. Sifat Fisika

Sifat fisika koloid berbeda-beda tergantung jenis koloidnya. Pada koloid hidrofob sifat-sifat seperti rapatatan ,tegangan permukaan dan viskositasnya hampir sama dengan medium pendispersinya. Pada koloid hidrofil karena terjadi hidrasi, sifat-sifat fisiknya sangat berbeda dengan mediumnya, viskositasnya lebih besar dan tegangan permukaannya lebih kecil (Sukardjo, 1997).

2. Sifat Koligatif

Suatu koloid dalam medium cair juga mempunyai sifat koligatif. Sifat ini hanya bergantung pada jumlah partikel koloid bukan pada jenisnya. Sifat-sifat koligatif koloid umumnya lebih rendah dari pada larutan sejati dengan jumlah partikel

yang sama, ini disebabkan karena butir-butir koloid terdiri atas beribu-ribu molekul, sedangkan pengaruh terhadap sifat koligatif hanya ditentukan oleh jumlah molekul (Sukardjo, 1997).

3. Sifat Optik

Walaupun secara definisi koloid terlalu kecil untuk dilihat oleh mikroskop biasa, partikel-partikel koloid dapat dideteksi secara optik. Ketika cahaya dilewatkan melalui medium yang mengandung partikel maka berkas cahaya tersebut tidak dapat dideteksi dan medium tersebut disebut optik bening. Ketika partikel koloid diberikan, sebagian cahaya akan dihamburkan dan sebagian lagi akan diteruskan dalam intensitas yang rendah. Penghamburan ini dikenal dengan nama efek Tyndall. Efek Tyndall dapat digunakan untuk mengamati partikel-partikel koloid dengan menggunakan mikroskop (Bird, 1993)

Karena intensitas hamburan cahaya bergantung pada ukuran partikel, maka efek Tyndall juga dapat digunakan untuk memperkirakan berat molekul koloid. Partikel-partikel koloid yang mempunyai ukuran kecil, cenderung untuk menghamburkan cahaya dengan panjang gelombang pendek. Sebaliknya partikel-partikel koloid yang mempunyai ukuran besar cenderung untuk menghamburkan cahaya dengan panjang gelombang yang lebih panjang (Bird, 1993).

4. Sifat Kinetik

Sifat kinetik koloid emulsi dapat dilihat dari beberapa karakter, antara lain:

a. Gerak Brown

Partikel koloid bila diamati di bawah mikroskop ultra akan nampak sebagai bintik-bintik bercahaya yang selalu bergerak secara acak dengan jalan berliku-liku. Gerakan acak partikel koloid dalam suatu medium pendispersinya disebut gerak brown. Gerakan ini disebabkan oleh banyaknya tabrakan molekul-molekul medium pendispersi yang tidak sama (tidak seimbang).

b. Pengendapan (sedimentasi)

Partikel-partikel koloid mempunyai kecenderungan untuk mengendap karena pengaruh gravitasi bumi. Hal ini bergantung pada rapat massa partikel terhadap mediumnya. Jika rapat massa partikel lebih besar dari medium suspensinya maka partikel tersebut

akan mengendap. Sebaliknya bila rapat massanya lebih kecil maka partikel akan mengapung.

c. Difusi

Partikel zat terlarut akan berdifusi dari larutan yang konsentrasinya tinggi ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah. Difusi erat kaitannya dengan gerak brown, sehingga dapat dianggap molekul-molekul atau partikel-partikel koloid berdifusi karena adanya gerak brown (Yazid, 2005).

2.8 Surfaktan

Surfaktan merupakan bahan aktif permukaan suatu molekul yang sekaligus memiliki gugus hidrofilik dan gugus lipofilik sehingga dapat mempersatukan campuran yang terdiri dari air dan minyak. Aktifitas surfaktan diperoleh karena sifat ganda dari molekulnya. Molekul surfaktan memiliki bagian polar yang suka akan air (hidrofilik) dan bagian non polar yang suka akan minyak/lemak (lipofilik). Bagian polar molekul surfaktan dapat bermuatan positif, negatif atau netral. Sifat rangkap ini yang menyebabkan surfaktan dapat diadsorpsi pada antar muka udara dan air, minyak dan air juga zat padat dan air, membentuk lapisan tunggal dimana gugus hidrofilik berada pada fase air dan rantai hidrokarbon ke udara, dalam kontak surfaktan dengan zat padat atau terendam dalam fasa minyak. Umumnya bagian non polar (lipofilik) mengandung rantai alkil yang panjang, sementara bagian yang polar (hidrofilik) mengandung gugus hidroksil. Surfaktan juga dapat diartikan sebagai zat yang dapat mengaktifkan permukaan, karena cenderung untuk terkonsentrasi pada permukaan (antar muka), atau zat yang dapat menaikkan dan menurunkan tegangan permukaan (Jatmika, 1998).

2.8.1 Pemakaian Surfaktan

Penggunaan surfaktan terbagi atas tiga golongan, yaitu sebagai bahan pembasah, bahan pengemulsi dan bahan pelarut. Penggunaan surfaktan ini bertujuan untuk meningkatkan kestabilan emulsi dengan cara menurunkan tegangan antar muka,

antara fasa minyak dan fasa air. Surfaktan dipergunakan dalam bentuk emulsi minyak dalam air atau bentuk emulsi air dalam minyak. Surfaktan merupakan suatu molekul amphipatic atau amphiphilic yang mengandung gugus hidrofilik dan lipofilik dalam satu molekul yang sama (Genaro, 1990).

Sifat-sifat surfaktan adalah, mampu menurunkan tegangan permukaan (tegangan antar muka), meningkatkan kestabilan partikel yang terdispersi dan mengontrol jenis formasi emulsi, misalnya minyak di dalam air (O/W) atau air di dalam minyak (W/O). Surfaktan akan terserap ke dalam permukaan partikel minyak atau air sebagai penghalang yang akan mengurangi atau menghambat penggabungan dari partikel yang terdispersi (Manik, 1987).

2.8.2 Jenis – Jenis Surfaktan

Surfaktan terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan muatan yang dikandungnya, pembagiannya adalah sebagai berikut:

a. Surfaktan anionik

Surfaktan anionik adalah senyawa yang bermuatan negatif dalam bagian aktif permukaan. Surfaktan anionik memiliki sifat-sifat, tidak dapat bersatu dengan jenis surfaktan kationik, sensitif terhadap air sadah. Derajat sensitifitasnya: karboksilat > posfat > sulfat, mudah terhidrolisa oleh asam-asam dalam proses autokatalis.

Contoh surfaktan anionik antara lain, natrium lauril sulfat, alkil benzena sulfonat rantai lurus, alkil benzena rantai bercabang, natrium lauril alkil sulfat dan lain-lain (Schwartz, 1958).

b. Surfaktan kationik

Surfaktan kationik adalah senyawa yang bermuatan positif pada bagian aktif permukaan atau gugus antar muka hidrofobiknya. Surfaktan kationik memiliki sifat-sifat, tidak dapat bersatu dengan jenis anionik, indeks yang lebih tinggi dibanding surfaktan jenis lain dan adsorpsi permukaan yang baik.

Contoh surfaktan kationik antara lain, diamina hidroklorida, poliamina hidroklorida, dimetilamina hidroklorida dan lain-lain (Schwartz, 1958).

c. Surfaktan non ionik

Surfaktan non ionik adalah surfaktan yang tidak bermuatan atau tidak terjadi ionisasi molekul. Surfaktan non ionik memiliki sifat-sifat, dapat bersatu dengan semua jenis surfaktan, sensitif terhadap air sadah, tidak terpengaruh oleh penambahan elektrolit, dan sangat tergantung suhu.

Contoh surfaktan non ionik antara lain, alkohol etoksilat, mono alkanolamida etoksilat, amina etoksilat, asam lemak etoksilat, etilena oksida / propilena oksida kopolimer, alkil penol etoksilat, dan lain-lain (Schwartz, 1958).

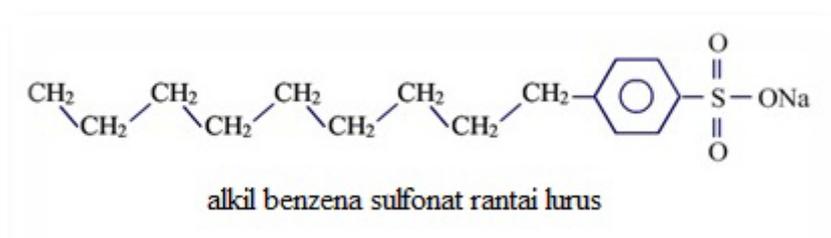
d. Surfaktan amfoter

Surfaktan amfoter adalah surfaktan yang mengandung gugus anionik dan kationik, dimana muatannya bergantung kepada pH. Pada pH tinggi dapat menunjukkan sifat anionik dan pada pH rendah dapat menunjukkan sifat kationik, yang dapat membentuk surfaktan amfoter.

Contoh dari surfaktan amfoter antara lain, lauril dimetil betaine, coco amida propil betaine, karboksil glisianat, alkil asetat dan lain-lain (Schwartz, 1958).

2.9 Surfaktan Alkil Benzena Sulfonat Rantai Lurus

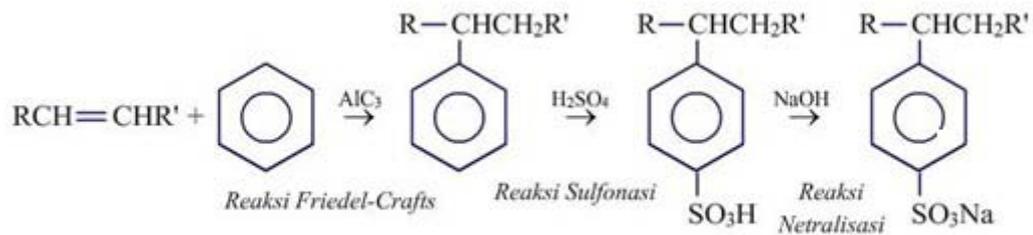
Alkil benzena sulfonat rantai lurus merupakan surfaktan sintetis volume terbesar karena biaya yang relatif rendah, kinerja yang baik, dan ramah lingkungan karena memiliki rantai lurus. Surfaktan anionik ini adalah surfaktan yang ditandai dengan kelompok hidrofobik dan kelompok hidrofilik. Alkil benzena sulfonat rantai lurus berisi cincin aromatik tersulfonasi dan melekat pada rantai lurus alkil pada setiap posisi. Sifat-sifat surfaktan ini berbeda dalam sifat fisik dan kimia sesuai dengan panjang rantai alkil. Molekul alkil benzena sulfonat rantai lurus memiliki berat molekul 326,49 g/mol yang strukturnya dapat dilihat pada gambar 3 di bawah (Schwartz, 1958)



Gambar 3. Struktur Molekul Alkil Benzena Sulfonat Rantai Lurus

2.9.1 Pembuatan Surfaktan Alkil Benzena Sulfonat Rantai Lurus

Alkil benzena sulfonat rantai lurus diproduksi oleh sulfonasi alkil benzena rantai lurus dengan oleum dalam reaktor tumpak. Larutan sulfonasi alternatif lainnya adalah asam sulfat, belerang trioksida, asam kloro sulfonat dan asam sulfamat, yang dinetralkan dengan garam (natrium, amonium, kalsium, kalium, atau trietanolamina). Surfaktan ini banyak digunakan dalam industri untuk meningkatkan kontak antara media polar dan non polar seperti antara minyak dan air atau antara air dan minyak. Proses pembuatan surfaktan jenis alkil benzena sulfonat rantai lurus dapat dilihat pada gambar 4 di bawah (Matta, 1986).



Gambar 4. Proses Pembuatan Surfaktan Alkil Benzena Sulfonat Rantai Lurus

Gambar 4 menjelaskan tentang proses pembuatan surfaktan yang meliputi empat unit proses dasar untuk netralisasi, antara lain yaitu:

1. Sulfonasi, pada tahap sulfonasi alkil benzena dan oleum dicampur pada tekanan 1 Atm. Reaksi sulfonasi berlangsung dengan pelepasan panas tinggi dan perpindahan panas dengan menggunakan reaktor pelindung, resirkulasi pemakaian ulang penukar panas. Variabel kunci dalam mengontrol luas reaksi dan warna produk adalah temperatur, keluaran asam, waktu reaksi dan perbandingan oleum dengan alkilat.
2. Digestasi, proses digestasi atau pencampuran dilakukan selama 15 sampai 30 menit agar reaksi berlangsung secara sempurna.
3. Pelarutan, proses pelarutan dilakukan dengan air untuk menyempurnakan reaksi.

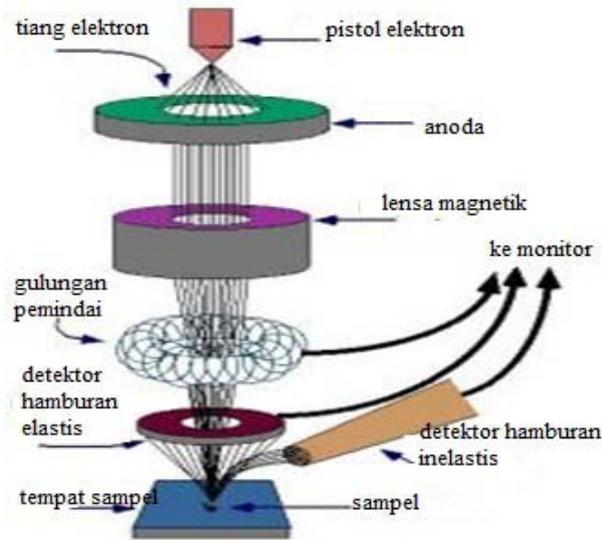
4. Pemisahan, proses pemisahan dilakukan dengan mengumpalkan produk ke dalam tangki pemisahan yang berdasarkan pada gravitasi lapisan asam sulfat yang keluar dari asam sulfonat ringan. Waktu pemisahan bergantung pada konfigurasi tangki pemisahan, viskositas asam sulfat, dan temperatur dalam aliran umpan (Matta, 1986)

2.10 Mikroskop Pemindai Elektron

Mikroskop pemindai elektron merupakan alat yang dapat membentuk bayangan permukaan. Struktur permukaan suatu benda uji dapat dipelajari dengan mikroskop elektron pancaran karena jauh lebih mudah mempelajari struktur permukaan itu secara langsung. Pada alat ini suatu berkas elektron yang sangat halus dipindai menyilangi permukaan sampel dalam keseimbangan dengan berkas elektron tabung sinar katoda. Elektron-elektron yang terhambur digunakan untuk memproduksi sinyal tabung sinar katoda untuk memproduksi suatu hasil dengan kedalaman posisi yang besar dan penampakan yang hampir tiga dimensi (Stevens, 2001).

2.10.1 Prinsip Kerja Mikroskop Pemindai Elektron

Prinsip kerja dari mikroskop pemindai elektron adalah sebagai berikut, sebuah pistol elektron memproduksi sinar elektron dan dipercepat dengan anoda lalu lensa magnetik memfokuskan elektron menuju ke sampel dan sinar elektron yang terfokus memindai keseluruhan sampel lalu diarahkan ke gulungan pemindai. Ketika elektron mengenai sampel maka sampel akan mengeluarkan elektron baru yang akan diterima oleh detektor dan dikirim ke monitor. Skema kerja mikroskop pemindai elektron dapat dilihat pada gambar 5 di bawah ini (Badrul, 2011).



Gambar 5. Skema Mikroskop Pemindai Elektron

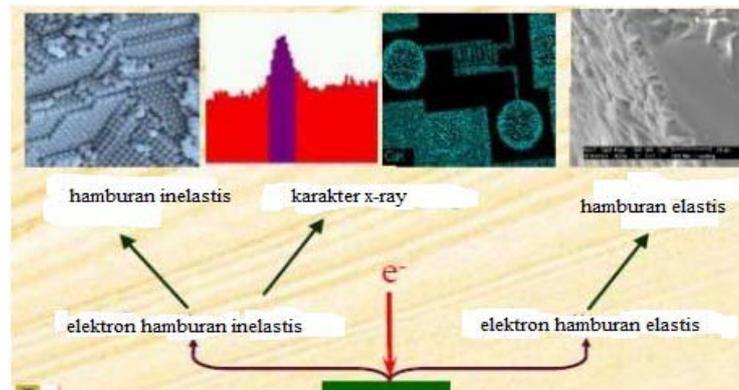
Gambar 5 menunjukkan cara kerja alat mikroskop pemindai elektron yang digunakan untuk mempelajari permukaan benda padat yang memiliki keunggulan dibandingkan dengan mikroskop optik. Ketika sebuah berkas elektron berinteraksi dengan atom di dalam sampel, elektron secara individu menjalani dua jenis hamburan yaitu hamburan elastis (*Backscattered electrons*) dan hamburan inelastis (*Secondary Electrons*) (Badrul, 2011).

Pada sebuah mikroskop pemindai elektron terdapat beberapa peralatan utama antara lain, tembakan elektron (berupa filamen yang terbuat dari unsur yang mudah melepas elektron), lensa elektron (berupa lensa magnetik elektron yang bermuatan negatif dapat dibelokkan) dan sistem vakum. Pada mikroskop pemindai elektron terdapat elektron yang sangat kecil dan molekul udara yang lain, elektron yang berjalan menuju sasaran akan terpecah oleh tumbukan sebelum mengenai sasaran sehingga menghilangkan molekul udara (Twyman, 2005)

2.10.2 Aplikasi Alat Mikroskop Pemindai Elektron

Aplikasi alat mikroskop pemindai elektron adalah topografi (menganalisa permukaan dan tekstur), morfologi (menganalisa bentuk dan ukuran dari sampel), menganalisa komposisi permukaan benda secara kuantitatif dan kualitatif. Sedangkan

kelemahan alat mikroskop pemindai elektron antara lain, memerlukan kondisi vakum, hanya menganalisa permukaan, sampel harus bahan yang konduktif, jika tidak konduktor maka perlu dilapis logam seperti emas (Stevens, 2001).



Gambar 6. Sinyal Pemindai Elektron

Dari gambar 6 dapat dilihat ada beberapa sinyal penting yang dihasilkan oleh mikroskop pemindai elektron. Dari pantulan yang tidak elastis dihasilkan sinyal elektron sekunder dan karakteristik sinar X sedangkan dari pantulan elastis dihasilkan sinyal *backscattered* elektron. Perbedaan gambar dari sinyal elektron sekunder dengan *backscattered* adalah elektron sekunder menghasilkan topografi dari benda yang dianalisa, permukaan yang tinggi berwarna lebih cerah dari permukaan rendah. Sedangkan *backscattered* elektron memberikan perbedaan berat molekul dari atom-atom penyusun permukaan, atom dengan berat molekul tinggi akan berwarna lebih cerah daripada atom dengan berat molekul rendah. Permukaan yang tinggi akan lebih banyak melepaskan elektron dan menghasilkan gambar yang lebih cerah dibandingkan permukaan yang rendah (Tywman, 2005).

2.11 Viskositas

Viskositas dapat dinyatakan sebagai tahanan aliran fluida yang merupakan gesekan antara molekul-molekul cairan satu dengan yang lain. Suatu jenis cairan yang mudah mengalir dapat dikatakan memiliki viskositas yang rendah, dan sebaliknya bahan-bahan yang sulit mengalir dikatakan memiliki viskositas yang tinggi. Pada hukum aliran viskos, Newton menyatakan hubungan antara gaya-gaya mekanik dari

suatu aliran viskos sebagai geseran dalam fluida adalah konstan sehubungan dengan gesekannya (Chatab, 1997)

2.11.1 Konsep Viskositas Aspal

Aspal memiliki struktur molekul yang sangat kompleks dan memiliki ukuran yang bervariasi serta jenis ikatan kimia yang berbeda-beda. Semua jenis molekul berinteraksi satu dan yang lainnya dengan cara yang berbeda-beda, cara berinteraksi antar molekul ini mempengaruhi tidak saja sifat kimia aspal tetapi juga sifat fisik dari aspal tersebut. Perubahan komposisi molekul-molekul yang terdapat di dalam aspal juga akan mempengaruhi sifat fisik aspal (Bitumen, 2003)

Hilangnya minyak ringan yang terkandung dalam aspal akibat proses penguapan atau akibat dari proses destilasi hampa akan menaikkan kandungan *aspaltene* dalam aspal dan meningkatkan viskositas aspal pada temperatur yang sama. Selain itu, bila kadar *aspaltene* di dalam suatu aspal dipertahankan tetap, maka peningkatan kadar aromatik dengan rasio kejenuhan terhadap *resin* yang konstan akan menurunkan kepekaan modulus geser aspal. Peningkatan kadar kejenuhan dengan rasio *resin* terhadap aromatik yang konstan akan menaikkan nilai penetrasi aspal. Peningkatan kadar *resin* dalam aspal akan menurunkan nilai penetrasi aspal, menurunkan indeks penetrasi aspal dan menurunkan kepekaannya terhadap geser tetapi menaikkan viskositas aspal. Molekul-molekul aspal, *aspaltene*, *resin*, aromatik dan kejenuhan, memiliki ikatan dan berikatan secara kimia satu dengan yang lainnya. Ikatan ini sangat lemah dan sangat dipengaruhi oleh panas dan tegangan geser. Ikatan ini akan putus pada saat aspal dipanaskan sehingga aspal akan mencair dan dapat dituangkan. Ikatan ini akan segera terbentuk kembali dengan struktur yang berbeda apabila aspal tersebut telah dingin. Putus dan terbentuknya kembali ikatan kimia inilah yang memberikan sifat viskoelastis pada aspal. Karena struktur molekulnya yang kompleks dan susunan kimianya yang selalu berubah menyebabkan sulitnya memprediksi kinerja dan sifat-sifat fisik aspal berdasarkan analisa kimianya (Clements, 1993)

2.11.2 Kepekaan Aspal Terhadap Temperatur

Kepekaan aspal terhadap temperatur adalah sensitifitas perubahan sifat viskoelastis aspal akibat perubahan temperatur, sifat ini dinyatakan sebagai indeks penetrasi aspal (IP). Aspal dengan nilai IP yang tinggi akan memiliki kepekaan yang rendah terhadap perubahan temperatur. Oleh sebab itu, campuran yang dibuat dari aspal dengan nilai IP yang tinggi akan memiliki rentang temperatur pencampuran dan pemadatan yang lebih lebar dari campuran yang dibuat dari aspal dengan nilai IP yang rendah. Aspal dengan tingkat kekerasan atau nilai penetrasi yang sama belum tentu memiliki nilai IP yang sama. Sebaliknya, aspal dengan nilai IP yang sama belum tentu memiliki tingkat kekerasan yang sama. Pada aspal dengan IP yang sama, semakin tinggi tingkat kekerasan aspal semakin tinggi ketahanan campuran beraspal yang dihasilkannya (Brennen, 1999)

2.11.3 Viskoelastisitas Aspal

Viskoelastisitas aspal adalah suatu material yang bersifat viskoelastis yang sifatnya akan berubah tergantung pada temperatur atau waktu pembebanan. Kegunaan mengetahui sifat viskoelastis aspal adalah untuk menentukan pada temperatur beberapa pencampuran aspal dengan agregat harus dilakukan agar mendapatkan campuran yang homogen dimana semua permukaan agregat dapat terselimuti oleh aspal secara merata dan aspal mampu masuk ke dalam pori-pori agregat untuk membentuk ikatan kohesi yang kuat dan untuk mengetahui pada temperatur berapa pemadatan dapat dilakukan dan kapan harus dihentikan (Brennen, 1999)

Bila pemadatan dilakukan pada temperatur dimana kondisi aspal masih sangat kental maka pada saat pemadatan akan terjadi pergeseran campuran beraspal karena campuran tersebut belum cukup kaku untuk memikul beban dari alat pemadat. Sebaliknya, bila pemadatan dilakukan pada temperatur yang sangat rendah dimana campuran sudah bersifat kurang elastis maka pemadatan yang diberikan tidak lagi menaikkan kepadatan campuran tetapi justru akan merusak atau mungkin menghancurkan campuran tersebut. Hal ini disebabkan karena pada campuran beraspal yang sudah cukup kaku, agregat pembentuknya sudah terikat kuat oleh aspal

dan aspal tidak lagi berfungsi sebagai pelumas untuk relokasi agregat, sehingga energi pemadatan yang diberikan sudah tidak mampu lagi memaksa partikel agregat untuk bergerak mendekat satu dengan yang lainnya tetapi energi ini justru akan menghancurkan ikatan antara agregat dengan aspal yang sudah terbentuk sebelumnya (Brennen, 1999)

2.11.4 Penuaan Aspal

Penuaan aspal adalah suatu bahan pengikat yang bersifat organik, oleh sebab itu aspal akan mudah teroksidasi. Oksidasi yang terjadi akan merubah struktur dan komposisi molekul yang terkandung dalam aspal sehingga aspal menjadi lebih keras dan getas. Selain oksidasi, pengerasan aspal ini juga disebabkan karena hilangnya fraksi minyak ringan yang terkandung dalam aspal. Dua hal inilah yang menyebabkan terjadinya penuaan pada aspal. Penuaan aspal akan terjadi dengan cepat pada temperatur tinggi. Penuaan aspal yang paling tinggi terjadi selama proses pembuatan campuran beraspal di unit pencampuran aspal selama pengangkutan dan penghampirannya di lapangan. Oleh sebab itu, lamanya waktu pencampuran aspal dengan agregat di unit pencampuran aspal tidak boleh terlalu lama. Campuran beraspal yang di bawa ke lapangan harus ditutup dengan terpal untuk menghambat laju oksidasi pada aspal (Yaw, 1985)

2.11.5 Viskositas Aspal Dengan Alat Viskosimeter Brookfield Termosel

Viskometer Brookfield Termosel yang diuraikan dalam prosedur ini digunakan untuk mengukur viskositas aspal minyak pada berbagai temperatur. Torsi pada spindel yang berputar pada temperatur tertentu digunakan untuk mengukur ketahanan relatif terhadap perputaran dalam tabung benda uji. Nilai viskositas aspal dalam milipascal sekon (mPa.s) diperoleh dengan mengalikan hasil pembacaan torsi dengan suatu faktor. Pengujian ini dapat digunakan untuk mengukur viskositas semu (perbandingan antara tegangan geser dengan laju geser cairan newtonian dengan tegangan geser dengan laju geser cairan non newtonian) aspal minyak pada temperatur yang diinginkan. Beberapa jenis aspal minyak memperlihatkan sifat non newtonian pada kondisi pengujian selama penggunaannya pada rentang temperatur tertentu. Karena

nilai viskositas non newtonian bukan merupakan sifat khusus suatu material, tetapi mencerminkan perilaku cairan dan sistem pengukuran, maka nilai pengukuran yang didapat pada pengujian ini tidak selalu dapat memperkirakan kinerja aspal pada kondisi yang diinginkan. Perbandingan nilai-nilai viskositas non newtonian hanya dapat dilakukan bila pengukuran dilakukan dengan viskometer yang sejenis, pada kondisi tegangan geser dan geseran yang sama (Shell, 1995)

Sistem pengukuran viskositas temperatur tinggi dari Brookfield Termosel menggunakan Brookfield sinkro elektrik termosel standar yang penggunaannya tergantung pada rentang viskositas, spindel, sistem Termosel, wadah pemanas, tabung benda uji, pengontrol Strip Chart Recorder (SCR), Probe dan peralatan untuk membuat grafik (Shell, 1995)