

## **BAB II**

### **TEORI DASAR**

#### **2.1 Energi Terbarukan**

Indonesia merupakan negara terbesar di Asean dengan konsumsi energi sebesar 40%. Permintaan akan energi tersebut dapat meningkat 3 kali lipat hingga tahun 2030. Untuk mengurangi produksi energi berbahan dasar fosil seperti minyak, gas dan batu bara, sudah saatnya pemerintah memberdayakan energi baru dan terbarukan yang memang merupakan kekayaan alam dari bangsa Indonesia. Berkurangnya produksi energi fosil terutama minyak bumi serta komitmen global dalam pengurangan emisi gas rumah kaca, mendorong pemerintah untuk meningkatkan peran energi baru dan terbarukan (EBT) secara terus menerus sebagai bagian dalam menjaga ketahanan dan kemandirian energi (DEN,2019).

#### **2.2 Oli (Minyak Pelumas)**

Pelumas adalah zat kimia berupa cairan, yang diberikan di antara dua benda bergerak untuk mengurangi gaya gesek. Zat ini merupakan fraksi hasil distilasi minyak bumi yang memiliki suhu 105-135 derajat celcius. Pelumas berfungsi sebagai lapisan pelindung yang memisahkan dua permukaan yang berhubungan. Umumnya pelumas terdiri dari 90% minyak dasar dan 10% zat tambahan. Salah satu penggunaan pelumas paling utama adalah oli mesin yang dipakai pada mesin (wikipedia).

Pada berbagai jenis mesin dan peralatan yang sedang bergerak, akan terjadi peristiwa pergesekan antara logam. Oleh karena itu akan terjadi peristiwa pelepasan partikel-partikel dari pergesekan tersebut. Keadaan dimana logam melepaskan partikel disebut aus atau keausan. Untuk mencegah atau mengurangi keausan yang lebih parah yaitu memperlancar kerja mesin dan memperpanjang usia dari mesin dan peralatan itu sendiri, maka bagian-bagian logam dan peralatan yang mengalami

gesekan tersebut diberi perlindungan ekstra. Pada dasarnya yang menjadi tugas pokok pelumas adalah mencegah atau mengurangi keausan sebagai akibat dari kontak langsung antara permukaan logam yang satu dengan permukaan logam lain terus menerus bergerak. Selain keausan dapat dikurangi, permukaan logam yang terlumasi akan mengurangi besar tenaga yang diperlukan akibat terserap gesekan, dan panas yang ditimbulkan oleh gesekan akan berkurang. Oli atau pelumas terdiri dari 2 macam yaitu:

a. Oli Mineral

Oli mineral terbuat dari oli dasar (*base oil*) yang diambil dari minyak bumi yang telah diolah dan disempurnakan dan ditambah dengan zat - zat aditif untuk meningkatkan kemampuan dan fungsinya. Beberapa pakar mesin memberikan saran agar jika telah biasa menggunakan oli mineral selama bertahun-tahun maka jangan langsung menggantinya dengan oli sintetis dikarenakan oli sintetis umumnya mengikis deposit (sisa) yang ditinggalkan oli mineral sehingga deposit tadi terangkat dari tempatnya dan mengalir ke celah-celah mesin sehingga mengganggu pemakaian mesin.

b. Oli Sintesis

Oli Sintetis biasanya terdiri atas *Polyalphaolifins* yang datang dari bagian terbersih dari pemilahan dari oli mineral, yakni gas. Senyawa ini kemudian dicampur dengan oli mineral. Inilah mengapa oli sintetis bisa dicampur dengan oli mineral dan sebaliknya. Oli sintetis cenderung tidak mengandung bahan karbon reaktif, senyawa yang sangat tidak bagus untuk oli karena cenderung bergabung dengan oksigen sehingga menghasilkan asam. Pada dasarnya, oli sintetis didesain untuk menghasilkan kinerja yang lebih efektif dibandingkan dengan oli mineral

Gama (2010) menjelaskan bahwa ada beberapa kriteria penting yang harus dipenuhi oleh minyak pelumas (oli) antara lain:

- a) Viskositas harus cukup kental untuk menahan agar bagian peralatan yang bergerak relatif terpisah, tetapi juga harus mencegah kebocoran dari perapat (*seal*).
- b) Fluiditas harus cukup pada saat awal yaitu pada saat peralatan masih dingin.
- c) Dapat membentuk film yang cukup kuat untuk pelumasan komponen.

- d) Tahan terhadap oksidasi pada temperatur tinggi.
- e) Mengandung cukup deterjen dan dispersan untuk menyerap endapan atau lumpur yang terbentuk.
- f) Tidak membentuk emulsi dengan air yang masuk dari perapat (*seal*) yang bocor.

Sifat-sifat penting minyak pelumas adalah sifat alir dan kemampuan melumasi pada kondisi pemakaian yang berbeda-beda. Sifat alir minyak pelumas ditunjukkan oleh viskositas dan titik tuang (*pour point*), sedangkan kemampuan melumasi pada kondisi temperatur, beban, kecepatan, dan adanya kontaminan ditunjukkan dengan ketahanan oksidasi, kemampuan membawa beban, karbon residu, kandungan belerang, abu, *flash point* dan sifat-sifat lain yang ditentukan dengan pengujian standar.

### **2.2.1 Limbah Oli Bekas**

Senyawa hidrokarbon minyak oli mesin bekas kendaraan bermotor merupakan suatu limbah buangan berbahaya yang dikategorikan limbah B3 yang merupakan dampak dari penggunaan kendaraan bermotor. Oli mesin bekas seringkali diabaikan penanganannya setelah tidak bisa digunakan kembali. Padahal, jika asal dibuang dapat menambah pencemaran di bumi kita yang sudah banyak tercemar. Jumlah oli mesin bekas yang dihasilkan pastinya sangat besar. Bahaya oli mesin bekas sembarangan memiliki efek yang lebih buruk daripada efek tumpahan minyak mentah biasa. Oli mesin bekas lebih dari itu, dalam oli mesin bekas terkandung sejumlah sisa hasil pembakaran yang bersifat asam dan korosif, deposit, dan logam berat yang bersifat karsinogenik. Meski oli mesin bekas masih bisa dimanfaatkan, bila tidak dikelola dengan baik, ia bisa membahayakan lingkungan. Sejalan dengan perkembangan kota dan daerah volume oli mesin bekas terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah kendaraan bermotor dan mesin-mesin bermotor. Di daerah pedesaan sekalipun, sudah bisa ditemukan bengkel-bengkel kecil, yang salah satu limbahnya adalah oli mesin bekas. Dengan kata lain, penyebaran oli mesin bekas sudah sangat luas dari kota besar sampai ke wilayah pedesaan diseluruh Indonesia.

Di Indonesia jumlah limbah minyak pelumas bekas pada tahun 2003 mencapai 465 juta liter pertahun, dan kemungkinan bertambah pada tahun-tahun berikutnya. Sebagian besar dari jumlah tersebut hanya dibuang begitu saja dan hanya sebagian kecil yang dimanfaatkan kembali.

### **2.2.2 Dampak Oli Mesin Bekas**

Mamiek dan Aloysius Mahasiswa Politeknik Negeri Kupang dalam jurnalnya menjelaskan bahwa oli mesin bekas bila dibuang sembarangan akan menimbulkan masalah lingkungan. Oli mesin bekas mengandung sejumlah zat yang bisa mengotori udara, tanah dan air. Oli mesin bekas itu mungkin saja mengandung logam, larutan klorin, dan zat-zat pencemar lainnya. Satu liter oli mesin bekas bisa merusak jutaan liter air segar dari sumber air dalam tanah. Limbah berupa oli mesin bekas jika tidak dikelola dengan baik dan dibuang secara sembarangan sangat berbahaya bagi lingkungan.

Oli mesin bekas juga dapat menyebabkan tanah kurus dan kehilangan unsur hara. Sedangkan sifatnya yang tidak dapat larut dalam air juga dapat membahayakan habitat air, selain itu sifatnya mudah terbakar yang merupakan karakteristik dari Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Sejalan dengan perkembangan jaman, volume oli mesin bekas terus meningkat seiring dengan penambahan jumlah kendaraan bermotor dan mesin-mesin bermotor. Di daerah desa sekalipun, sudah bisa kita temukan bengkel-bengkel kecil, yang salah satu limbahnya adalah oli mesin bekas dan bengkel tersebut biasanya juga membuang oli mesin bekas di lingkungan sekitar (sembarangan). Dengan kata lain, penyebaran oli mesin bekas sudah sangat luas dari kota besar sampai ke wilayah pedesaan di seluruh Indonesia. Seharusnya kegiatan yang menghasikan banyak oli mesin bekas harus banyak dikurangi.

### **2.3 Metode Pengolah Minyak Pelumas Bekas**

Minyak pelumas bekas adalah salah satu alternatif sebagai sumber-sumber energi. Tujuan dari pemrosesan minyak pelumas bekas adalah untuk meningkatkan mutu (*upgrading*) melalui proses-proses *recycling* dan *re-finishing* sehingga menjadi

produk-produk yang dapat digunakan kembali (*reusable*) seperti bensin (*gasoline*) dan *heavy oil* (Demirbas, 2005). Bensin yang diperoleh dari minyak pelumas bekas dapat digunakan dalam mesin Otto, tetapi hidrokarbonhidrokarbon perlu dibersihkan dan distabilkan (Demirbas, 2004). Berikut ini adalah metode-metode pengolahan minyak pelumas bekas:

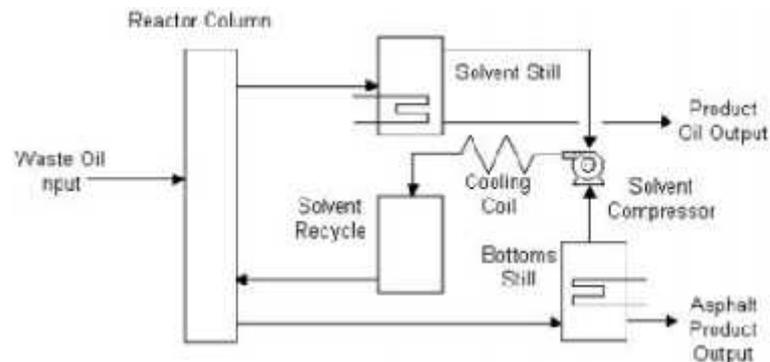
### **2.3.1 Acid Clay-Process**

Minyak pelumas bekas disaring sehingga partikel-partikel metal dan geram-geram akan hilang dan minyak pelumas bekas yang sudah disaring direaksikan dengan asam sulfur (*sulfuric acid*) dan lempung/tanah liat (*clay*) pada temperatur proses 475 – 625 K dalam suatu reaktor untuk menghasilkan bahan bakar. Bahan bakar yang dihasilkan disimpan setelah disaring dan didinginkan.

Dalam *acid-clay process*, minyak pelumas bekas direaksikan dengan asam sulfur, dimana akan bereaksi dengan oksigen, nitrogen dan senyawa-senyawa berbasis sulfur, aspal dan zat-zat resin, dan komponen-komponen logam yang dapat larut membentuk lumpur (*sludge*). Warna dan bau yang tersisa dalam perlakuan minyak pelumas bekas selanjutnya dibuang melalui perlakuan dengan *activated clay*. Masalah utama dalam proses *acid-clay* adalah bagaimana cara pembuangan yang aman sampah lumpur dalam jumlah banyak dan mengandung asam sulfur.

### **2.3.2 Solvent Extraction Process**

Teknik ekstraksi menggunakan bahan pelarut (*solvent*) adalah salah satu proses yang paling murah (Elbashir et al, 2002). Dalam proses ini zat-zat pencemar (*contaminants*) dibuang dalam sebuah proses pencampuran dengan bahan pelarut dimana didapatkan hasil yang lebih baik daripada menggunakan asam sulfur (*sulfuric acid*). Gambar 2.1 di bawah menggambarkan sebuah diagram alir proses ekstraksi menggunakan suatu bahan pelarut.



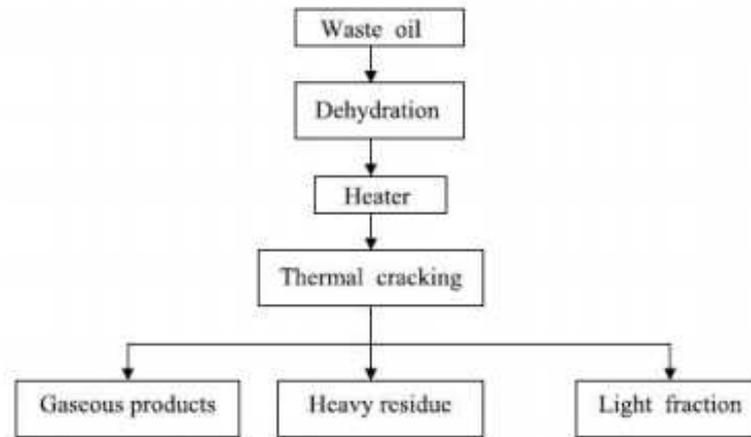
**Gambar 2.1** Diagram Alir Proses Ekstraksi dengan pelarut

Minyak pelumas bekas dicampur dengan pelarut alifatik seperti *propane* cair (*butane*, *heptanes*, atau *hexane*) dalam sebuah reaktor. Dalam unit ini, bahan pelarut bekerja secara selektif, memisahkan fraksi minyak dan meninggalkan sedikit kotoran yang terlarut. Pelarut yang diambil kembali dari campuran pelarut-minyak pelumas dalam sebuah kolom distilasi beroperasi pada tekanan atmosfer sehingga terjadi pengembunan uap-uap pelarut dari puncak kolom tanpa menggunakan refrigeran. Sampah lumpur yang dihasilkan dari proses perlakuan dengan pelarut dapat dibuang sebagai sampah yang tak berbahaya dan dapat dijual sebagai aditif untuk aspal. Proses ekstraksi menggunakan bahan pelarut hidrokarbon digunakan untuk mengolah minyak pelumas bekas. Bahan pelarut yang digunakan adalah kondensat liquefied petroleum gas (LPG) dan kondensat yang telah distabilkan. Produk cair yang dihasilkan adalah 79%. Proses ini dapat digunakan untuk mengurangi kandungan aspal dari minyak pelumas yang diolah menjadi 0,0106 % (w/w), kandungan abu 0,108 %, residu karbon 0,315 %, dengan tingkat kontaminan logam-logam sangat rendah (Hamad, et al, 2005).

### 2.3.3 Cracking Process

Salah satu metode dalam mengolah minyak pelumas bekas adalah dengan melalui perengkahan (*cracking*). Perengkahan adalah sebuah proses penyulingan minyak bumi dimana memecah atau merengkahkan fraksi-fraksi minyak bumi dengan titik didih lebih tinggi dan lebih berat ke dalam produk-produk yang lebih bernilai seperti bensin (*gasoline*), minyak tanah (*kerosene*), *fuel oil*, dan *gas oils*.

**Gambar 2.2** dibawah menunjukkan skema diagram proses perengkahan termal (*thermal cracking process*). Berbagai teknologi tersedia untuk merengkahkan minyak bekas untuk pemakaian sebagai bahan bakar gas atau bahan bakar.



**Gambar 2.2** Skema Diagram Proses Perengkahan Termal

Jenis yang paling umum digunakan dalam proses *cracking* adalah *catalytic cracking* (Redwan, et al, 1992). Catalytic craking dimulai sekitar tahun 1936 menggunakan katalis dari bahan kimia tertentu yang diperlakukan dengan lempung alam (*natural clay*). *Catalytic craking* memecah hidrokarbon kompleks menjadi molekul-molekul yang lebih sederhana. Proses ini menyusun kembali struktur molekul senyawa-senyawa hidrokarbon berat menjadi fraksi-fraksi yang lebih ringan seperti minyak tanah (*kerosene*), bensin (*gasoline*), dan LPG. Katalis yang digunakan dalam unit craking penyulingan biasanya adalah material padat (*zeolite, aluminum hydrosilicate, treated bentonite clay, fuller earth, bauxite, dan silica-alumina*).

#### 2.3.4 Proses Pirolisis

Dalam pirolisis, bahan-bahan polimer/hidrokarbon dipanaskan pada temperatur tinggi, sehingga struktur makromolekulernya dipecah menjadi molekul-molekul yang lebih kecil dan terbentuk hidrokarbon-hidrokarbon rantai pendek. Hasil-hasil pirolisis ini dapat dibagi ke dalam fraksi gas, fraksi cairan (terdiri dari parafin, olefins, naptalen dan aromatik), dan residu padatan.

## 2.4 Pirolisis

Pirolisis merupakan suatu proses dekomposisi termal tanpa adanya oksigen sama sekali. Proses dekomposisi termal pada pirolisis ini juga sering disebut dengan devolatilisasi.. Produk utama dari pirolisis yang dapat dihasilkan adalah arang (*char*), minyak, dan gas.

Pirolisis adalah dekomposisi kimia bahan organik melalui proses pemanasan dengan sedikit oksigen atau reagen lainnya dimana material mentah akan mengalami pemecahan struktur kimia menjadi fase gas. Pirolisis adalah kasus khusus termolisis. Pirolisis ekstrim yang hanya meninggalkan karbon sebagai residu disebut karbonisasi. Pada proses pirolisis minyak yang dipanaskan pada suhu tinggi dalam ketidakadaan oksigen menyebabkan oli terpecah menjadi beberapa campuran gas, cairan, dan meterial padat. Gas-gas dan cairan dapat diubah menjadi bahan bakar. Pirolisis diawali dengan pemanasan tanpa atau sedikit oksigen, sehingga zat yang memiliki titik didih lebih rendah akan menguap. Uap tersebut bergerak menuju kondensor yaitu pendingin, proses pendinginan terjadi karena kita mengalirkan air ke dalam dinding (bagian luar kondensor), sehingga uap yang dihasilkan akan kembali cair. Proses ini berjalan terus menerus dan akhirnya kita dapat memisahkan seluruh senyawa-senyawa yang ada dalam campuran homogen tersebut.

### 2.4.1 Faktor yang mempengaruhi pirolisis

#### 1. Temperatur

Temperatur memiliki pengaruh yang besar dalam proses pirolisis. Semakin tinggi temperatur maka semakin banyak gas yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan bahan baku padatan akan menguap dan berubah menjadi gas sehingga berat dari padatan bahan baku akan berkurang. Namun, semakin tinggi temperatur akan membuat produk bio oil yang dihasilkan semakin berkurang. Hal ini dikarenakan temperatur yang tinggi dapat merubah hidrokarbon rantai yang panjang dan sedang menjadi hidrokarbon dengan rantai yang pendek. Jika rantai hidrokarbon sangat pendek, maka diperoleh hasil gas yang tidak dapat dikondensasi.

## 2. Waktu

Reaksi Waktu memiliki pengaruh pada proses pirolisis. Dalam kondisi vakum, waktu reaksi yang lama akan menyebabkan produk pirolisis menjadi gas. Karena semakin lama waktunya maka akan membuat hidrokarbon rantai panjang menjadi hidrokarbon rantai pendek. Produk padatan juga akan semakin berkurang karena menguap jika waktu reaksinya semakin lama.

## 3. Ukuran Bahan Baku

Ukuran bahan baku yang besar akan membuat perambatan panas antar bahan baku akan berlangsung lama. Hal ini akan menyebabkan proses penguapan bahan baku menjadi lebih lama.

## 4. Laju Pemanasan

Laju pemanasan sangat mempengaruhi hasil dari produk pirolisis yang didapatkan. Pada kondisi kerja bertekanan lingkungan, semakin tinggi laju reaksi pada pirolisis maka akan mendapatkan jumlah bio oil yang banyak. Namun, hal ini tidak efisien dikarenakan jika memperbesar laju reaksi maka akan membuat pemakaian energi untuk proses pirolisis menjadi lebih besar.