

MENGENAL KILANG PENGOLAHAN MINYAK BUMI (REFINERY) DI INDONESIA

Risdiyanta, ST., MT *)

Abstrak

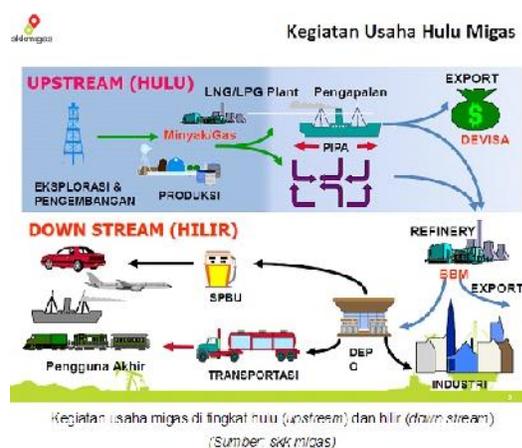
Pengolahan adalah kegiatan utama dalam kegiatan usaha industri hilir minyak dan gas bumi, pengolahan bertujuan untuk memurnikan minyak mentah (crude oil) menjadi produk-produk Bahan Bakar BBM (BBM) dan Non Bahan Bakar Minyak (Non BBM) bernilai tinggi yang sangat dibutuhkan masyarakat. Pengolahan Minyak Bumi dilakukan di kilang-kilang baik yang dioperasikan Oleh Pertamina, Pemerintah dan swasta yang tersebar diseluruh wilayah Indonesia bertujuan untuk memenuhi pasokan BBM Nasional. Hampir 99% kebutuhan BBM Nasional yang diolah di dalam negeri diolah di kilang (Refinery Unit) yang dioperasikan oleh PT Pertamina (Persero) sementara sisanya di kilang Pemerintah dan Swasta

I. PENDAHULUAN

I.1 LATAR BELAKANG

Bersama kita ketahui BBM (bahan bakar Minyak) adalah komoditas yang tidak bisa kita lepaskan dari kehidupan kita sehari-hari, tuntut konsumen perorangan sangat berkaitan dengan mobilitas antar kota atau wilayah berupa bahan bakar untuk sektor transportasi seperti sepeda motor, mobil, kendaraan umum seperti bus, kereta api, kapal laut dan lain lain, sementara untuk kegiatan usaha produktif tentu saja sangat dibutuhkan sebagai bahan bakar kegiatan industri terutama di pabrik-pabrik maupun usaha lain yang bisa mendorong kegiatan ekonomi.

Menurut Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi (BPH Migas) Indonesia rata-rata konsumsi BBM Indonesia tiap tahun Indonesia 50 Juta Kilom liter baik yang subsidi maupun non subsidi, tentu saja ini adalah jumlah yang luar biasa besar dan perlu ketersediaan suplai dan stock yang memadai. Untuk memenuhi konsumsi tersebut maka kilang didalam negeri harus dioptimalkan selain juga dipenuhi lewat dengan impor BBM.

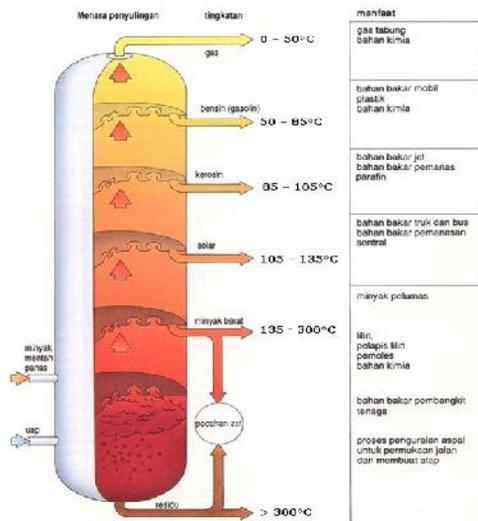


Gambar 1.1 Alur kegiatan Industri Migas Hulu– Hilir

Seperti terlihat pada diagram di gambar 1.1 bahwa kilang pengolahan minyak bumi adalah proses awal dari kegiatan pengadaan BBM, dari kilang pengolahan inilah nanti terjadi proses pembuatan bahan bakar minyak (BBM) seperti LPG, Gasoline (Bensin), Kerosine (Minyak tanah) Gasoil (Minyak solar) dan turunannya seperti aspal pelumas dan lain-lain.

Selama ini produksi bahan bakar minyak Indonesia hanya dilakukan oleh PT Pertamina sementara untuk kilang selain Pertamina sangat kecil proporsinya. Dari

total kapasitas kilang minyak yang mencapai sekitar 1,1 juta bpd, Pertamina hanya mampu memproduksi BBM rata-rata sebesar 940 ribu bpd pada 2012



Gambar 1.2 Kilang Pengolahan minyak bumi dan produk-produknya

lebih tinggi 6,7% dibandingkan dengan tingkat produksi BBM Pertamina pada 2011 yang hanya mencapai 881 ribu bpd barrel/day, 1 barrel = 159,6 liter). Solar merupakan BBM yang paling banyak diproduksi dari kilang Pertamina. Produksi solar pada 2012 mencapai 19,8 juta kilo liter (KL), meningkat 6% dibandingkan produksi solar pada 2011. Premium 11 juta KL, kerosene 1,7 juta KL, dan avtur 3,3 juta KL. Produksi bahan bakar dalam negeri, secara total hanya mampu memenuhi 53% kebutuhan BBM dalam negeri, sisanya dipenuhi dari impor. Untuk solar, produksi Pertamina hanya mampu memenuhi 79% kebutuhan solar dalam negeri, sementara premium dari kilang minyak Pertamina hanya memenuhi 38% dari kebutuhan nasional. Tingkat produksi BBM yang dihasilkan dari kilang dalam negeri Indonesia semakin lama cenderung semakin tidak mampu memenuhi kebutuhan BBM yang semakin meningkat, selain karena teknologi pengolahan kilang

yang semakin tidak efisien, biaya memproduksi BBM di dalam negeri justru menjadi lebih mahal jika dibandingkan dengan harga BBM impor dari Singapura. Untuk memproduksi BBM dengan menggunakan kilang di dalam negeri diperkirakan dibutuhkan biaya berkisar antara 2%-5% lebih besar dari harga *Mean of Platts Singapore* (MOPS). Oleh karena itu fungsi kilang sangat vital untuk ketersediaan konsumsi BBM nasional.

II KILANG PENGOLAHAN MINYAK BUMI (REFINERY UNIT)

Kilang Wonokromo di Jawa Timur adalah kilang minyak yang pertama kali beroperasi di Indonesia yaitu di tahun 1890 yang hampir berbarengan dengan Kilang Pangkalan Brandan di Sumatera Utara yang beroperasi sejak tahun 1891. Sejak saat itu, beberapa kilang dibangun pada masa pra kemerdekaan yaitu Kilang Cepu (1894), Kilang Plaju (1904), dan Kilang Sungai Gerong (1926). Dari kilang-kilang tersebut yang masih beroperasi adalah Kilang Cepu dan Kilang Plaju. Sedangkan kilang yang beroperasi pada masa setelah kemerdekaan yaitu Kilang Balikpapan I (1950), Dumai (1971), Kilang Cilacap I (1976), Kilang Cilacap II (1981), Kilang Balikpapan II (1983), Kilang Balongan (1994), dan Kilang Kasim (1997). Keseluruhan kilang ini dimiliki oleh Pertamina, adapun kilang yang dimiliki oleh pihak swasta yaitu Kilang TPPI dan Kilang TWU. Total kapasitas terpasang kilang minyak Indonesia adalah 1,157 juta bph dimana 90% dimiliki oleh Pertamina. Kilang pengolahan minyak bumi PT Pertamina (Persero) dalam hal ini disebut Dengan Refinery Unit (RU) ada tujuh RU yang dioperasikan Pertamina seperti pada tabel dibawah ini. Sementara lokasi kilang seperti terlihat pada gambar dibawah



Gambar 2.1 Kilang Pengolahan minyak bumi dan kapasitas terpasang

No	Refinery Unit (RU)	Kapasitas Terpasang (Ribu bbl/day)
1	Pangkalan Brandan	5
2	Dumai	170
3	Musi	130
4	Cilacap	384
5	Balickpapan	260
6	Balongan	184
7	Kasim	10

Tabel 2.1 kilang dan kapasitas terpasang

Dari data diatas terlihat kilang dengan kapasitas terpasang terbesar adalah Refinery Unit IV Cilacap dan terkecil RU I Pangkalan Brandan. Kondisi sekarang RU I pangkalan brandan sudah non aktif. Fasilitas operasi kilang minyak Indonesia cukup bervariasi. Selain beberapa kilang lama yang hanya mempunyai unit distilasi atmosfer (Pangkalan Brandan, Sungai Pakning dan Cepu), pada kilang-kilang lainnya dilengkapi dengan proses sekunder untuk mendapatkan yield BBM yang lebih tinggi dan kualitas yang lebih baik. Proses sekunder yang mula-mula adalah perengkahan termis (*Thermal Cracking*) di Plaju/Musi, dan kemudian dibangun di kilang Dumai (*Delayed Cooking*) serta di Cilacap (*Visbreaking*).

Dengan kemajuan tekonoogi proses kemudian proses perengkahan katalis

(*Catalytic Cracking*) mulai digunakan di Plaju/Musi (*Fluid Catalytic Cracking*) dan di Kilang Unit Pengolahan VI di Balongan yang diresmikan pada tanggal 24 Mei 1995 dilengkapi dengan unit RCC (*Residual Catalytic Cracking*) yang dapat menghasilkan komponen mogas beroktana tinggi (*High Octane Mogas Component*) guna memproduksi bensin premium dengan angka oktana tinggi seperti Pertamina 92 dan 95. Proses sekunder lainnya adalah *Catalytic Reforming* di Dumai, Cilacap, Balikpapan dan Kasim Irian Jaya. Selain itu proses *Polymerization* dan *Alkylation* digunakan di Plaju/Musi. Beberapa kilang minyak di Indonesia juga dilengkapi dengan unit penghasil aspal (Cilacap), kokas (Dumai), lilin (Balickpapan dan Cepu), *polypropylene* (Musi) sedangkan kilang Balongan dapat menghasilkan propylene dan sulphur. Selain menghasilkan BBM, kilang minyak juga menghasilkan non BBM untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri.

III PROSES PENGOLAHAN BBM

Untuk mengolah *crude oil* / minyak mentah menjadi produk BBM dan non BBM diperlukan proses secara fisika dan kimia agar minyak mentah bisa bisa dimurnikan menjadi produk BBM yang dibutuhkan oleh konsumen. Untuk kapasitas BBM, Kilang Cilacap, Balongan, dan Balikpapan memasok hampir 60% produk BBM nasional. Adapun produk BBM yang dihasilkan kilang nasional adalah bensin (RON 88, RON 92, dan RON 95), IDO, ADO, Fuel Oil, Avtur, Avgas, dan Kerosene. Total produksi produk BBM selama Semester I 2014 mencapai 3.910,9 juta barel dimana sekitar 53% merupakan kelompok minyak diesel, 30% kelompok bensin 11,5% kelompok kerosene, dan 5,5% Fuel Oil. Direncanakan pada 2014 Pertamina akan menambah jumlah kilangnya dari total saat ini hanya berkapasitas sekitar 1,1 juta bpd menjadi

1,4 juta bpd. Hal ini diperlukan guna meningkatkan produksi BBM nasional yang saat ini baru mencapai 700 ribu bpd dari total kebutuhan BBM yang mencapai 1,2 juta bpd saat ini. Dari jumlah tersebut, transportasi merupakan pengguna BBM terbesar dibandingkan dengan sektor lainnya. Penggunaan BBM di sektor transportasi pada 2012 sebesar 887 ribu bpd, 12% lebih besar dibandingkan dengan total penggunaan BBM di sektor transportasi sebelumnya. Secara keseluruhan penggunaan bahan bakar di sektor transportasi mencapai 99% dari total penggunaan bahan bakar secara total. Bensin adalah bahan bakar yang paling banyak digunakan pada sektor transportasi, diikuti dengan solar yang masing masing mencapai 495 ribu bpd dan 313 ribu bpd pada 2012. Dari jumlah tersebut 96% diantaranya merupakan bensin dan solar yang bersubsidi.

Minyak mentah merupakan campuran yang amat kompleks yang tersusun dari berbagai senyawa hidrokarbon. Di dalam kilang minyak tersebut, minyak mentah akan mengalami sejumlah proses yang akan memurnikan dan mengubah struktur dan komposisinya sehingga diperoleh produk yang bermanfaat.

Secara garis besar, proses yang berlangsung di dalam kilang minyak dapat digolongkan menjadi 5 bagian, yaitu:

- **Proses Distilasi**, yaitu proses penyulingan berdasarkan perbedaan titik didih; Proses ini berlangsung di kolom distilasi atmosferik dan Kolom Destilasi Vakum.
- **Proses Konversi**, yaitu proses untuk mengubah ukuran dan struktur senyawa hidrokarbon. Termasuk dalam proses ini adalah:
 - **Dekomposisi** dengan cara perengkahan termal dan katalis (*thermal and catalytic cracking*)
 - **Unifikasi** melalui proses alkilasi dan polimerisasi

- **Alterasi** melalui proses isomerisasi dan *catalytic reforming*
- **Proses Pengolahan (treatment)**. Proses ini dimaksudkan untuk menyiapkan fraksi-fraksi hidrokarbon untuk diolah lebih lanjut, juga untuk diolah menjadi produk akhir.
- **Formulasi dan Pencampuran (Blending)**, yaitu proses pencampuran fraksi-fraksi hidrokarbon dan penambahan bahan aditif untuk mendapatkan produk akhir dengan spesifikasi tertentu.
- **Proses-proses lainnya**, antara lain meliputi: pengolahan limbah, proses penghilangan air asin (*sour-water stripping*), proses pemerolehan kembali sulfur (*sulphur recovery*), proses pemanasan, proses pendinginan, proses pembuatan hidrogen, dan proses-proses pendukung lainnya.

3.1 Proses Primer Distilasi Atmosferis (Crude Distillation Unit)

Crude Distillation Unit (CDU) beroperasi dengan prinsip dasar pemisahan berdasarkan titik didih komponen penyusunnya. Kolom CDU memproduksi produk LPG, naphtha, kerosene, dan diesel sebesar 50-60% volume feed, sedangkan produk lainnya sebesar 40-50% volume feed berupa atmosferic residue. Distilasi Atmosferik berfungsi memisahkan minyak mentah (*crude oil*) atas fraksi-fraksinya berdasarkan perbedaan titik didih masing-masing pada keadaan Atmosferik. Atmosferic residue pada kilang lama, yang tidak memiliki Vacuum Distillation Unit/VDU, biasanya hanya dijadikan fuel oil yang value-nya sangat rendah atau dijual ke kilang lain untuk diolah lebih lanjut di VDU. Sedangkan pada kilang modern, atmosferic residue dikirim sebagai feed Vacuum Distillation Unit atau sebagai feed Residuel Catalytic Cracking (setelah sebagiannya di-treating di Atmosferic Residue Hydro Demetalization unit untuk

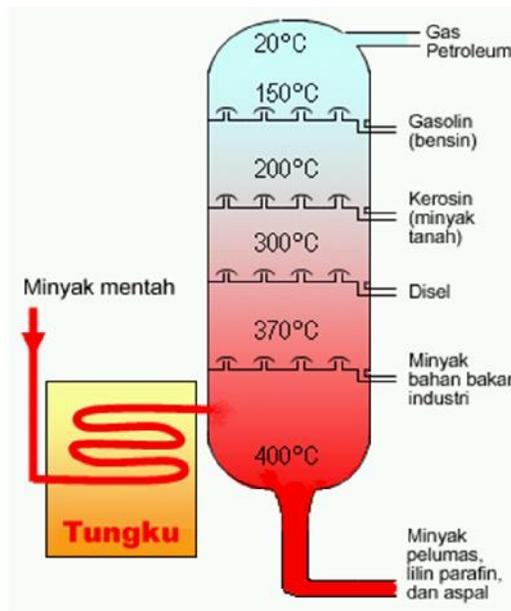
menghilangkan kandungan metal atmospheric residue).

• Umpan dan Produk Crude Distillation Unit

Jenis umpan CDU dapat berupa "sour" crude (impurities tinggi) atau "sweet" crude (impurities rendah) tergantung dari desainnya. Penggunaan crude non-disain tetap dimungkinkan namun terlebih dahulu harus dilakukan uji coba pemakaian untuk mengetahui efeknya terhadap unit-unit downstream. Adapun UP II dumai mempunyai bahan mentah minyak dari Sumatera *Light Crude* dan Duri *Light Crude*. Residu yang diperoleh akan rusak (terurai) jika terus didistilasi pada tekanan atmosferik dengan temperatur yang lebih tinggi lagi. Oleh karena itu, residu ini didistilasi lagi pada tekanan vakum.

No.	Rentang Pendidihan (°C)		Rentang kasar atom C n-parafin	Nama fraksi/produk
	ASTM	TBP		
1	<30	<30	C ₁ - C ₄	Gas kilang
2	30-100	30-90	C ₄ - C ₇	Nafta ringan (straight run gasoline)
3	80-200	85-190	C ₇ - C ₁₁	Nafta
4	165-280	190-270	C ₁₀ - C ₁₆	Kerosin
5	215-340	270-320	C ₁₂ - C ₁₈	Minyak gas ringan (light gas oil)
6	290-440	320-430	C ₁₈ - C ₂₈	Minyak gas atmosferik (heavy gas oil)
7	>400	>430	> C ₂₈	Residu (topped crude)

Tabel 3.1. Karakteristik Produk Distilasi Atmosferik Minyak Bumi Mentah



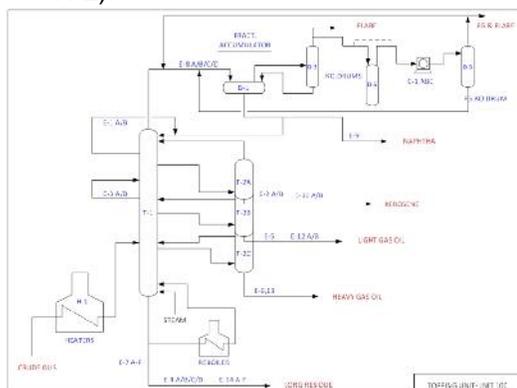
Gambar 3.1 Proses Distilasi Atmosferis

• Aliran Proses Crude Distillation Unit (Distilasi Atmosferik)

- Minyak mentah umpan masih mengandung kotoran garam dan pasir sehingga perlu dibersihkan terlebih dahulu karena kehadiran zat-zat ini dapat mempercepat laju korosi bahan konstruksi unit pengolahan, menyebabkan pengendapan kerak serta penyumbatan pada peralatan kilang. Pengolahan awal yang dilakukan adalah desalting atau pemisahan garam. Minyak bumi mentah dipompa dan dipanaskan lalu dicampur dengan air sebanyak 3-10% volume minyak mentah pada temperatur 90-150 °C. Garam-garam akan larut dan fasa air dan minyak akan memisah dalam tangki desalter.
- Minyak mentah yang tidak mengandung garam dan padatan tersebut dipanaskan lagi dengan minyak residu panas lalu heater sebelum diumpankan ke kolom distilasi atmosferik. Produk atas kolom distilasi utama (gas kilang dan straight run gasoline) ini umumnya masih perlu distabilkan agar tidak terlalu banyak

mengandung hidrokarbon-hidrokarbon yang sangat mudah menguap seperti butana di dalam kolom distilasi lain yang disebut kolom stabilisasi. Produk samping dan bawah yang berupa cairan dilucuti oleh kukus dan diuapkan lagi untuk menyempitkan rentang titik didihnya. Pelucutan ini diselenggarakan dalam kolom-kolom pelucut kecil yang disusun setelah kolom distilasi utama.

- Peralatan utama:
- Crude Distillation Tower (CDU/ T-1), atmospheric sidestream stripper (T-2) terdiri dari T-2A (kerosin), T-2B (LGO) dan T-2C (HGO).
- Peralatan Pendukung :
- Fraksinasi akumulator (D-1), KO drum (D-2, D-5 & D-3), heater (H-1 & H-2).



Gambar 3.2 Flow Diagram CDU

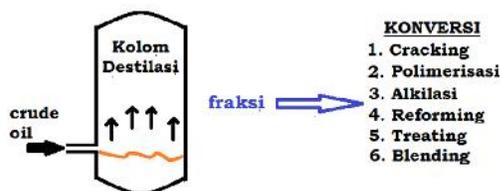
Pada diagram alir diatas *crude oil* pada tangki penyimpanan dialirkan dengan menggunakan pompa ke unit penukar panas E-1 sampai E-7 sehingga temperaturnya mencapai 210°C dan dialirkan ke tungku pemanas, heater H-1 untuk memanaskannya sampai dengan temperature 330°C. Kemudian umpan masuk ke kolom distilasi (T-1) untuk memisahkan *crude oil* tersebut berdasarkan fraksi-fraksi titik didihnya. Proses pemisahan ini dilakukan pada tekanan atmosferik. Produk atas menghasilkan fraksi minyak teringan

berupa gas dan *naphtha* dan dialirkan melewati penukar panas E-8 lalu masuk ke tangki akumulator D-2, D-5 dan D-3 untuk memisahkan gas-gas yang ringan dengan *naphtha*. Gas-gas tersebut dibuang ke *flare* sedangkan fasa cairnya sebagian dikembalikan ke kolom distilasi dan sebagian lagi diambil sebagai produk *naphtha* (*Straight Run Naphtha*).

Dari tray 32, dengan menggunakan pompa ditarik side stream yang disebut TPA (Top Pump Around) yang setelah melalui penukar panas E-1 dan didinginkan dengan menggunakan pendingin air laut dalam E-10 dan dikembalikan ke puncak menara. Produk samping dari kolom distilasi tersebut dimasukkan ke kolom *stripper*, T-2. Fraksi kerosene diambil dari tray 24 dan mengalir ke *stripper* T-2A secara gravitasi. LGO (*Light Gas Oil*) diambil dari tray 12 dan mengalir ke *stripper* T-2B secara gravitasi untuk dihilangkan fraksi ringannya. Sedangkan HGO (*Heavy Gas Oil*) mengalir ke *stripper* T-2C. Di kolom ini, fraksi-fraksi tersebut di-*stripping* dengan *steam* untuk mengambil fraksi-fraksi ringannya sehingga diperoleh kerosin, LGO, dan HGO. Sebagian dari setiap aliran samping ini dikembalikan ke kolom distilasi sebagai *refluis* dan sebagian lagi diambil sebagai produk untuk komponen *blending* (pencampuran). Produk bawah (*bottom product*) berupa *long residu* (LSWR) sebanyak 56% yang diumpankan ke dalam *Heavy Vacuum Unit* (HVU -110).

3.2 PROSES SEKUNDER

Proses ini dilakukan untuk mengubah fraksi yang satu ke fraksi yang diinginkan. Perubahan fraksi dapat dilakukan dengan beberapa proses.



Gambar 3.3 Proses Sekunder Pengolahan minyak bumi

•CRACKING

Molekul dipecah menjadi molekul – molekul kecil. Contoh: perubahan fraksi minyak pelumas menjadi fraksi bensin.

•POLIMERISASI

Perubahan rantai lurus menjadi rantai cabang.

Contoh: perubahan n-oktana menjadi isooktana.

•ALKILASI

Perubahan molekul kecil menjadi molekul besar. Contoh: perubahan propena + butena menjadi heptane.

•REFORMING

Perubahan angka oktan dari rendah ke tinggi

3.2.1 PEREKAHAN/CRACKING

Kebutuhan akan bahan bakar memiliki peningkatan yang sangat signifikan setiap tahunnya, sehingga proses pengolahan minyak bumi menggunakan beberapa metode untuk menghasilkan jenis bahan bakar tertentu agar memenuhi kebutuhan pada konsumen, salah satunya ialah bensin. Terdapat beberapa metode yang digunakan untuk menghasilkan fraksi bensin, salah satunya ialah proses cracking.

Cracking adalah proses penguraian molekul senyawa hidrokarbon yang besar menjadi hidrokarbon yang memiliki struktur molekul yang kecil. Salah satu contoh proses cracking yaitu penguraian struktur hidrokarbon pada fraksi minyak tanah menjadi struktur molekul kecil fraksi bensin ataupun penguraian fraksi solar menjadi bensin. terdapat berbagai macam proses

cracking yaitu thermal cracking, catalytic cracking dan hidrocracking. Proses penguraian dari tiga metode tersebut menggunakan cara-cara yang berbeda, berikut penjelasannya:

1. Thermal Cracking

Proses penguraian ini menggunakan suhu yang tinggi serta tekanan yang rendah, suhu yang digunakan dapat mencapai temperature 800°C dan tekanan 700 kpa. Partikel ringan yang memiliki hidrogen dalam jumlah banyak akan terbentuk pada penguraian molekul berat yang terkondensasi. Reaksi yang terjadi pada proses ini disebut dengan homolitik fision dan memproduksi alkena yang menjadi bahan dasar untuk memproduksi polimer secara ekonomis. Panas yang digunakan dalam proses ini menggunakan steam cracking yaitu uap yang memiliki suhu yang tinggi. Salah satu contoh proses thermal cracking seperti pada gambar diatas

2. Catalytic

Proses ini menggunakan katalis sebagai media yang dapat mempercepat laju reaksi, proses penguraian molekul besar menjadi molekul kecil dilakukan dengan suhu tinggi. Jenis katalis yang sering digunakan adalah silica, alumunia, zeloit dan beberapa jenis lainnya seperti clay, umumnya reaksi dari proses perengkahan katalitik menggunakan mekanisme perengkahan ion karbonium. Awalnya katalis yang memiliki sifat asam akan menambahkan proton ke dalam molekul olefin ataupun menarik ion hidrida dari alkana sehingga menyebabkan terbentuknya ion karbonium.

3. Hydrocracking

Proses Hydrickracking merupakan kombinasi antara perengkahan dan hidrogenasi untuk menghasilkan senyawa yang jenuh. Proses pereaksian dilakukan dengan tekanan tinggi, produk utama yang dihasilkan ialah bahan bakar jet, bensin, diesel yang mempunyai bilangan oktan yang tinggi. Hydrocracking memiliki kelebihan

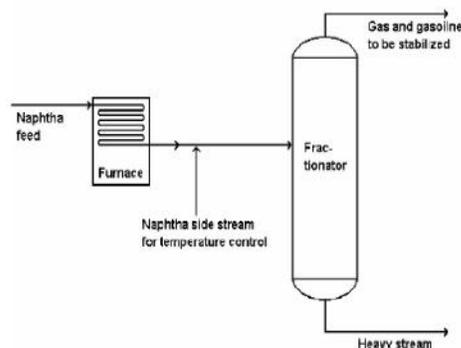
Siklisasi: yaitu pembentukan senyawa siklis (cincin) dari senyawa alifatik.

Proses reforming dapat dilakukan secara thermal ataupun secara catalytic yang sering disebut **Thermal Reforming** dan **Catalytic Reforming**.

Di dalam proses pengolahan minyak, upaya untuk meningkatkan jumlah gasoline dilakukan dengan perengkahan (cracking), sedangkan untuk peningkatan mutu pembakaran bahan bakar (angka oktan) gasoline adalah merupakan sasaran utama dari proses reforming. Paraffin dengan rantai panjang akan direngkah menjadi paraffin dengan rantai lebih pendek dan olefin yang titik didihnya lebih rendah dari pada sebelumnya. Bahkan bisa juga reaksi yang terjadi tidak hanya perengkahan saja tetapi juga dibarengi dengan reaksi dehidrogenasi sehingga hasil reaksinya berupa molekul-molekul olefin pendek yang lebih reaktif untuk berpolimerisasi. Sebagai contoh heptane (C_7H_{16}) dipanaskan pada

suhu 211tekanan yang cukup tinggi akan dikonversi menjadi amylene (C_5H_{10}) yang mempunyai angka oktan 92, ethylene (C_2H_4) dengan angka oktan 81 dan hidrogen

(H_2) yang banyak digunakan di dalam proses treating.



Gambar 3.7 Proses Reforming Sederhana

DAFTAR PUSTAKA

1. G.D. HOBSON, "Modern Petroleum Technology", Applied Science Publishing Ltd, 1975.
2. H.S. BELL, "American Petroleum Refining" D. Van Nostrand Company Inc, New York, 1959.
3. ROBERT A MEYERS, "Handbook of Petroleum Refining Process", McGraw-Hill Book Company Inc. New York, 1986.
4. WILLIAM I. BLAND & ROBERT L DAVIDSON, "Petroleum Processing Handbook", McGraw-Hill Book Company, New York, 1967.
5. W.L. NELSON, "Petroleum Refinery Engineering", McGraw-Hill Book Company Inc., New York, 1969.