

PRODUK PETROKIMIA DARI MINYAK DAN GAS BUMI MANFAAT DAN BAHAYANYA BAGI KESEHATAN DAN LINGKUNGAN

Oleh : Sulistyono*)

ABSTRAK

Petrokimia adalah bahan-bahan atau produk-produk yang dihasilkan dari minyak dan gas bumi, sedangkan industri petrokimia secara umum dapat didefinisikan sebagai industri yang berbahan baku utama produk minyak dan gas bumi. Produk-produk petrokimia merupakan produk strategis karena merupakan bahan baku bagi industri hilirnya seperti industri plastik, tekstil, karet sintetik, kosmetik, pestisida, bahan pembersih, bahan farmasi, bahan peledak, kulit imitasi dan lain-lain. Hampir semua produk petrokimia berasal dari tiga jenis bahan dasar yaitu olefin, aromatik dan gas sintesis. Industri petrokimia secara umum dibagi menjadi 2 (dua) bagian besar yaitu industri petrokimia hulu, yaitu mengolah produk dasar (produk primer) menjadi produk setengah jadi (produk antara) seperti Methanol, Ethylene, Propylene, Butadiene, Benzene, Toluene, Xylene, Fuel Coproducts, Pyrolysis Gasoline, Pyrolysis Fuel Oil. Sedangkan industri petrokimia hilir, yaitu mengolah produk setengah jadi menjadi produk jadi yang siap pakai seperti plastik, pelarut (solvent), zat peledak, karet sintesis, nilon dll. Secara umum untuk memperoleh produk petrokimia dilakukan dengan 3 (tiga) tahapan proses yaitu mengubah minyak dan gas bumi menjadi bahan dasar petrokimia, mengubah bahan dasar petrokimia menjadi produk setengah jadi dan mengubah produk setengah jadi menjadi produk akhir. Pada satu sisi produk petrokimia sangat dibutuhkan manusia untuk berbagai keperluan, tetapi disisi lain karena bahan bakunya dari minyak dan gas bumi yang merupakan B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) sudah barang tentu penggunaannya harus diperhatikan dengan seksama karena kalau tidak akan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan. Hendaknya dihindari penggunaan produk petrokimia untuk menyimpan makanan ataupun minuman terutama dalam keadaan panas, karena dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Selain itu penggunaan produk petrokimia hendaknya lebih selektif, karena produk petrokimia sulit terdegradasi oleh tanah sehingga mempengaruhi kualitas tanah dan lingkungan.

Kata kunci : produk petrokimia, olefin, aromatic dan gas sintesis

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Minyak dan gas bumi (migas) adalah sumber daya alam strategis, merupakan campuran senyawa hidrokarbon yang terbentuk berjuta-juta tahun yang lampau merupakan dekomposisi bertahap dari hewan dan tumbuhan. Produk-produk yang dihasilkan

dari kilang (*refinery*) pengolahan minyak dan gas bumi umumnya adalah Bahan Bakar Minyak BBM maupun Bahan Bakar Gas (BBG) seperti bensin, avgas, kerosene, avtur, solar, minyak diesel, minyak bakar, LPG (*Liquidified Petroleum Gas*), CNG (*Compressed Natural Gas*) dan sebagainya.

Petrokimia adalah bahan-bahan atau produk-produk yang dihasilkan dari

minyak dan gas bumi, sedangkan industri petrokimia secara umum dapat didefinisikan sebagai industri yang berbahan baku utama produk migas. Indonesia mempunyai sumber yang potensial untuk pengembangan klaster industri petrokimia yang terkait dengan pemenuhan kebutuhan dasar manusia seperti sandang, papan dan pangan. Produk-produk petrokimia merupakan produk strategis karena merupakan bahan baku bagi industri hilirnya seperti industri plastik, tekstil, karet sintetis, kosmetik, pestisida, bahan pembersih, bahan farmasi, bahan peledak, kulit imitasi dan lain-lain.

Hampir semua produk petrokimia berasal dari tiga jenis bahan dasar yaitu olefin, aromatik dan gas sintesis. Jalur-jalur dalam pembuatan produk petrokimia yang ekonomis dapat ditempuh dengan tiga jalur utama yaitu jalur gas sintetik, jalur olefin, dan jalur aromatik. Umumnya produk petrokimia berupa barang-barang atau bahan-bahan yang dalam kehidupan sehari-hari banyak dipakai di rumah tangga seperti plastik-plastik untuk produk-produk elektronik, telekomunikasi dan rumah tangga, peralatan plastik untuk industri mobil dan pesawat terbang. Penggunaan dan pemanfaatan menurut sektor industri antara lain sebagai industri pupuk dan pestisida, industri serat sintetik, industri bahan plastik, industri bahan baku cat, industri adhesive resin, industri detergen/pencuci, industri elastomer/ karet sintetis dan industri kimia khusus.

Pada satu sisi industri petrokimia menghasilkan berbagai macam produk yang penting dan diperlukan bagi kehidupan manusia, namun disisi lain produk petrokimia seperti plastik ternyata tidak ramah lingkungan. Oleh karena itu diperlukan pengelolaan yang baik agar plastik bermanfaat bagi kehidupan manusia.

B. Rumusan Masalah

Plastik yang merupakan salah satu produk industri petrokimia pada satu sisi diperlukan bagi kehidupan manusia tetapi disisi lain produk plastik ternyata tidak ramah lingkungan dan membahayakan kesehatan manusia. Dari latar belakang penulisan diatas dapat dikemukakan rumusan masalah sebagai berikut :

1. Mengapa produk plastik tidak ramah lingkungan ?
2. Bagaimana pengaruh plastik terhadap kesehatan manusia?

II. TINJAUAN TEORI

A. Industri Petrokimia di Indonesia

Industri petrokimia di Indonesia umumnya didominasi oleh perusahaan minyak nasional seperti PT. Pertamina (Persero). Industri petrokimia Pertamina yang berbahan baku minyak dan gas bumi antara lain dari Kilang Metanol di Pulau Bunyu Kalimantan Timur, Kilang Purified Terephthalic Acid (PTA) dan Kilang Polypropylene (Polytam) di Plaju, Sumatra Selatan, Kilang Paraxylene dan Benzene di Cilacap, Jawa Tengah.

Industri petrokimia secara umum dibagi menjadi dua bagian besar yaitu :

1. Industri petrokimia hulu, yaitu mengolah produk dasar (produk primer) menjadi produk setengah jadi (produk antara). Contohnya seperti Methanol, Ethylene, Propylene, Butadiena, Benzene, Toluene, Xylene, Fuel Coproducts, Pyrolysis Gasoline, Pyrolysis Fuel Oil.
2. Industri petrokimia hilir, yaitu mengolah produk setengah jadi menjadi produk jadi yang siap pakai. Contohnya seperti plastik, pelarut (solvent), zat peledak, karet sintetis, nilon dll.

Sedangkan secara umum untuk memperoleh produk petrokimia dilakukan dengan 3 (tiga) tahapan proses, yaitu:

- a. Mengubah minyak dan gas bumi menjadi bahan dasar petrokimia;

- b. Mengubah bahan dasar petrokimia menjadi produk setengah jadi;
- c. Mengubah produk setengah jadi menjadi produk akhir

B. Bahan Dasar Industri Petrokimia dan Produk Turunannya

Bahan dasar atau bahan baku industri petrokimia terbagi kedalam dua jenis, yaitu bahan baku yang berasal dari kilang minyak dan bahan baku yang berasal dari lapangan gas bumi. Bahan baku yang berasal dari produk kilang minyak (*refinery*) diantaranya adalah fuel gas, gas propane dan butane, mogas, naphta, kerosin/minyak tanah, gas oil, fuel oil, short residue/ waxy residue. Sedangkan bahan baku yang berasal dari lapangan gas bumi atau gas alam diantara adalah metana (CH_4), etana (C_2H_6), propana (C_3H_8), butana ($n\text{-C}_4\text{H}_{10}$), kondensat (C_5H_{12} – $\text{C}_{11}\text{H}_{24}$).

Secara umum ada 3 (tiga) bahan dasar yang digunakan dalam industri petrokimia yaitu:

1. Olefin

Olefin adalah bahan dasar petrokimia yang paling utama. Produksi olefin diseluruh dunia mencapai milyaran kg pertahun. Olefin yang paling banyak diproduksi adalah:

a. Ethylene/ Etilena

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar ethylene adalah:

- (i) Poliethylene, merupakan plastik yang banyak diproduksi, banyak digunakan sebagai kantong plastik dan plastik pembungkus maupun sampul. Dalam industri plastik poliethylene digunakan sebagai bahan dasar, tapi ditambahkan bahan tambahan lainnya seperti bahan pengisi, plasticer dan pewarna.

- (ii) PVC atau polivinil klorida, merupakan plastik yang digunakan untuk pembuatan pipa paralon dan pelapis lantai.
- (iii) Etanol (alkohol), digunakan sebagai bahan bakar atau bahan setengah jadi untuk pembuatan produk lain, misalnya pembuatan asam asetat;
- (iv) Ethylene glikol, digunakan sebagai bahan antibeku dalam radiator mobil di daerah beriklim dingin.

b. Propylene/ Propilena

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar propylene adalah:

- (i) Polipropylene, digunakan sebagai tali dan karung plastik. Bahan ini lebih kuat dari poliethylene.
- (ii) Gliserol, digunakan sebagai bahan kosmetik (pelembab), industri makanan dan sebagai bahan untuk membuat peledak (nitrogliserin).
- (iii) Isopropyl alkohol, digunakan sebagai bahan-bahan produk petrokimia yang lain misalnya membuat aseton.

c. Butadiene/ Butadiena

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar butadiena adalah karet sintetis dan nilon.

2. Aromatik

Bahan aromatik memiliki rantai rangkap selang seling dalam ikatan senyawanya. Pada industri petrokimia bahan aromatik terpenting adalah:

a. Benzena

Adalah senyawa kimia organik yang berupa cairan tak berwarna dan mudah terbakar serta mempunyai bau yang manis. Benzena ditemukan pada tahun 1825 oleh seorang ilmuwan Inggris, Michael Faraday, yang mengisolasiannya dari gas minyak dan menamakannya bikarburet dari hidrogen.

Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar benzena adalah:

- (i) Stirena : untuk membuat karet sintetis
 - (ii) Kumena : untuk membuat fenol
 - (iii) Sikloheksana : untuk membuat nilon
- b. Toluena
Toluena, dikenal juga sebagai metil benzena ataupun fenil metana adalah cairan bening tak berwarna yang tak larut dalam air dengan aroma seperti pengencer cat dan berbau harum seperti benzena. Toluena adalah hidrokarbon aromatik yang digunakan secara luas dalam stok umpan industri dan juga sebagai pelarut. Seperti pelarut-pelarut lainnya toluena juga digunakan sebagai obat inhalan karena sifatnya yang memabukkan.
- c. Xilena
Produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar xilena adalah asam tereftalat untuk bahan dasar pembuatan serat.
3. Syn-Gas (Gas Sintetis)
Gas sintetis merupakan campuran dari karbon monoksida (CO) dan hydrogen (H_2). Beberapa produk petrokimia yang menggunakan bahan dasar gas sintetis adalah:
- a. Amonia
Ammonia dibuat dari gas nitrogen dan hydrogen. Pada industri petrokimia gas nitrogen diperoleh dari udara, sedangkan gas hydrogen diperoleh dari gas sintetis.
 - b. Urea
Dibuat dari amonia dan gas karbon dioksida. Selain sebagai pupuk urea juga digunakan pada industri perekat, plastik dan resin.
 - c. Methanol
Metanol, juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus, Dibuat dari gas sintetis melalui

pemanasan pada suhu dan tekanan tinggi dengan bantuan katalis. Digunakan untuk pembuatan formaldehida, untuk membuat serat dan campuran bahan bakar.

- d. Formaldehida
Formaldehida merupakan aldehida yang berbentuk gas. Dalam bentuk cair dikenal sebagai formalin, dalam bentuk padatan yang dikenal sebagai paraformaldehyde atau trioxane. Formaldehida awalnya disintesis oleh kimiawan Rusia Aleksander Butlerov tahun 1859, tapi diidentifikasi oleh Hoffman tahun 1867. Dibuat dari metanol melalui oksidasi dengan bantuan katalis. Formaldehida yang dilarutkan dalam air disebut formalin, yang berfungsi sebagai pengawet. Selain itu digunakan juga untuk membuat resin urea-formaldehida dan lem.

C. Manfaat Produk Petrokimia

1. Aspal

Salah satu produk petrokimia adalah aspal. Kita semua pasti mengenal dan merasakan manfaatnya. Apa jadinya jika jalan tidak dilapis aspal? dimusim hujan becek, dimusim kemarau berdebu. Kegunaan lain aspal digunakan untuk pelapis tanggul, pelapis tahan air, sebagai bahan isolasi, pelapis anti korosi pada logam dan juga sebagai bahan campuran pada pembuatan briket batubara.

2. Lilin (Wax)

Hampir setiap rumah tangga mengenal adanya lilin, yang digunakan sebagai cadangan bila lampu dari PLN padam. Lilin jenis ini oleh Pertamina diproduksi dengan nama *Hard Semi White Wax* dan *Fully Refined White Wax*. Tapi selain untuk penerangan, kedua jenis lilin tersebut juga dapat digunakan sebagai pelapis kertas pembungkus, bahan baku semir serta pengkilap lantai dan meubel.

3. Polytam PP (Polipropilena Pertamina)

Kantong plastik, karung plastik, film, produk cetakan (*moulding*) dan tali rafia adalah produk yang sangat memasyarakat. Produk tersebut dibuat dengan menggunakan bahan polytam PP.

4. Methanol

Methanol dapat digunakan sebagai lem untuk industri polywood (formaldehide /adhesive) bahan baku untuk pembuatan dimetil-terepalate, methylamines, methycloride, methylmetha orylate, bahan bakar kendaraan bermotor sebagai methytertiary buthylether, bahan bakar pesawat, bahan bakar jenis methyl fuel, bahan pelarut jenis nitro cellulose, dyes, resin, insektisida, dehidrator gas alam, dan sebagai bahan baku untuk industri protein sintesis dengan fermentasi berkesinambungan.

5. Petroleum Cokes

Produk yang satu ini bukanlah sebagai produk minuman atau merupakan saudara kandung coca-cola yang di America Serikat populer disebut Cokes. Bila Cokes diproduksi dengan bahan dasar dari tanaman cola, maka Petroleum Cokes adalah produk petrokimia yang terdiri dari dua macam yakni; Green coke merupakan produk samping dari proses pengolahan residu untuk bahan dasar minyak. Green coke bermanfaat sebagai bahan baku Calcined coke, yang berfungsi sebagai reduktor dalam proses peleburan timah, bahan bakar padat atau bahan penambahan kadar karbon pada industri logam. Satunya lagi adalah Calcined coke berguna sebagai elektroda dalam proses pengolahan aluminium pada industri Kalsium Karbida (CaC_2), bahan baku industri elektroda grafit, bahan bakar padat atau bahan penambah kadar karbon pada industri modern, dan sebagai unsur pengisi pada industri baja (sebagai karbon).

6. Solvent

Pertamina memproduksi lima macam solvent, yakni;

- a. Low Aromatic White Spirit (LAWS) yang berguna sebagai pengencer cat dan vernis, pelarut untuk warna cetakan, industri tekstil (*printing*), bahan pembersih (*dry cleaning solvent*), bahan baku pestisida.
- b. Special Boiling Point (SBP-XX) yang berguna sebagai adhesive dan pelarut karet, pelarut pada industri (cat dan tinner, tinta cetak, industri farmasi seperti perekat pada salonpas), industri kosmetika.
- c. Special Gas Oil, digunakan pada industri farmasi, khususnya pembuatan pil kina, sebagai solvent dalam proses ekstraksi kulit kina.
- d. Minasil-M, digunakan sebagai industri cat, thinner, vernis, industri tinta cetak, industri karet dan adhesive dan industri farmasi.
- e. Pertasol CA dan CB, Pertasol CA banyak digunakan sebagai pengencer pada cat, lacquers, vernis, pelarut dan pengencer pada tinta cetak, komponen dalam proses pembuatan karet pada pabrik ban dan vulkanisir, adhesive seperti lem/gum, industri farmasi (kosmetika) dan industri cleaning dan degreasing. Sedangkan Pertasol CB banyak digunakan sebagai pengencer pada cat, vernis, pelarut dan pengencer tinta cetak, dry cleaning solvent printing pada tekstil.

7. Processing Oil

Processing Oil terdiri dari 2 (dua) macam yakni Minarex – B yang berguna sebagai processing oil pada industri telapak ban kendaraan bermotor, bantalan jembatan, sol sepatu kanvas dan sol karet cetak. Selain itu juga sebagai platicizer sekunder pada industri selang PYC, kulit imitasi, sol lentur cetak PVC dan sebagai

pelarut pada industri tinta cetak. Paraffinic Oil 60 dan 95 bermanfaat sebagai processing oil pada telapak ban, sepatu dan sol karet, karpet karet, pipa plastik, pengganti dioktilptalat pada industri tinta cetak.

8. Penggunaan Dalam Industri Pupuk Dan Pestisida

Produk amoniak/ urea dalam negeri sebagian besar digunakan sebagai pupuk pertanian. Dalam industri pestisida, sebagai bahan aktif pestisida, pelarut dan aditifnya merupakan produk akhir petrokimia seperti senyawa carbamate, thiocarbamate, surfaktan organik, organo klorida, alkohol, dsb.

Keanekaragaman produk petrokimia diatas menunjukkan bahwa kehidupan umat manusia sulit dipisahkan dari hasil-hasil minyak bumi, karena produknya sangat dibutuhkan oleh manusia.

D. Dampak Negatif Industri Petrokimia

Plastik adalah bahan yang mempunyai derajat kekristalan lebih rendah daripada serat dan dapat dilunakkan atau dicetak pada suhu tinggi (suhu peralihan kacanya diatas suhu ruang), jika tidak banyak bersambung silang. Plastik merupakan polimer bercabang atau linier yang dapat dilelehkan diatas panas penggunaannya. Plastik dapat dicetak (dan dicetak ulang) sesuai dengan bentuk yang diinginkan dan yang dibutuhkan dengan menggunakan proses *injection molding* dan *ekstrusi*.



Gambar 1 : Beberapa Produk Petrokimia dengan Bahan Dasar Migas

Istilah plastik mencakup produk polimerisasi sintetik atau semi-sintetik. Mereka terbentuk dari kondensasi organik atau penambahan polimer dan bisa juga terdiri dari zat lain untuk meningkatkan performa atau ekonomi. Ada beberapa polimer alam yang termasuk plastik. Plastik dapat dibentuk menjadi film atau fiber sintetik. Nama ini berasal dari fakta bahwa banyak dari mereka *malleable*, memiliki properti keplastikan. Plastik didesain dengan variasi yang sangat banyak dalam properti yang dapat menolerans panas, keras, reliency dan lain-lain. Digabungkan dengan kemampuan adaptasinya, komposisi yang umum dan beratnya yang ringan memastikan plastik digunakan hampir di seluruh bidang industri. Plastik dapat juga menuju ke setiap barang yang memiliki karakter yang deformasi atau gagal karena shear stress- lihat keplastikan (fisika) dan ductile.

Plastik adalah polimer; rantai-panjang atom mengikat satu sama lain. Rantai ini membentuk banyak unit molekul berulang, atau "monomer". Plastik yang umum terdiri dari polimer karbon saja atau dengan oksigen, nitrogen, chlorine atau belerang di tulang belakang (beberapa minat komersial juga berdasar silikon). Tulang-belakang adalah bagian dari rantai di jalur utama yang menghubungkan unit monomer menjadi kesatuan. Untuk mengeset properti plastik grup molekuler berlainan bergantung dari tulang-belakang (biasanya digantung sebagai bagian dari monomer sebelum menyambungkan monomer bersama untuk membentuk rantai polimer). Pengesetan ini oleh grup "pendant" telah membuat plastik menjadi bagian tak terpisahkan di kehidupan abad 21 dengan memperbaiki properti dari polimer tersebut.

Selain banyak manfaatnya juga ada beberapa dampak negatif akibat penggunaan plastik adalah sebagai berikut :

- ⇔ Kantong plastik sisa telah banyak ditemukan di kerongkongan anak elang laut di Pulau Midway, Lautan Pasific;
- ⇔ Sekitar 80% sampah di lautan berasal dari daratan, dan hampir 90% adalah sampah plastic;
- ⇔ Dalam bulan Juni 2006 program lingkungan PBB memperkirakan dalam setiap mil persegi terdapat 46.000 m³ sampah plastik mengambang di lautan;
- ⇔ Setiap tahun, plastik telah 'membunuh' hingga 1 juta burung laut, 100.000 mamalia laut dan ikan-ikan yang tak terhitung jumlahnya;
- ⇔ banyak penyu di kepulauan seribu yang mati karena memakan plastik yang dikira ubur-ubur, makanan yang disukainya.

Selain itu ada fakta tentang bahan pembuat plastik, (umumnya *polimer polivinil*) terbuat dari *polychlorinated biphenyl* (PCB) yang mempunyai struktur mirip DDT. Serta kantong plastik yang sulit untuk diurai oleh tanah hingga membutuhkan waktu antara 100 hingga 500 tahun. Akan memberikan akibat antara lain:

- ⇔ Tercemarnya tanah, air tanah dan makhluk bawah tanah.
- ⇔ Racun-racun dari partikel plastik yang masuk ke dalam tanah akan membunuh hewan-hewan pengurai di dalam tanah seperti cacing.
- ⇔ PCB yang tidak dapat terurai meskipun termakan oleh binatang maupun tanaman akan menjadi racun berantai sesuai urutan rantai makanan.
- ⇔ Kantong plastik akan mengganggu jalur air yang meresap ke dalam tanah.
- ⇔ Menurunkan kesuburan tanah karena plastik juga menghalangi sirkulasi udara di dalam tanah dan ruang gerak makhluk bawah tanah yang mampu meyuburkan tanah.

- ⇔ Kantong plastik yang sukar diurai, mempunyai umur panjang, dan ringan akan mudah diterbangkan angin hingga ke laut sekalipun.
- ⇔ Hewan-hewan dapat terjat dalam tumpukan plastik.
- ⇔ Hewan-hewan laut seperti lumba-lumba, penyu laut dan anjing laut menganggap kantong-kantong plastik tersebut makanan dan akhirnya mati karena tidak dapat mencernanya.
- ⇔ Ketika hewan mati, kantong plastik yang berada di dalam tubuhnya tetap tidak akan hancur menjadi bangkai dan dapat meracuni hewan lainnya.
- ⇔ Pembuangan sampah plastik sembarangan di sungai-sungai akan mengakibatkan pendangkalan sungai dan penyumbatan aliran sungai yang menyebabkan banjir.



Gambar 2 : Dampak Sampah Produk Petrokimia di Perairan Laut

III. PENUTUP

Pada satu sisi produk petrokimia sangat dibutuhkan manusia untuk berbagai keperluan, tetapi disisi lain karena bahan bakunya dari minyak dan gas bumi yang merupakan B3 (Bahan Beracun dan Berbahaya) sudah barang tentu penggunaannya harus diperhatikan dengan seksama karena kalau tidak akan membahayakan kesehatan manusia dan lingkungan.

Dalam usahanya meningkatkan kualitas hidup, manusia berupaya untuk mengolah dan memanfaatkan kekayaan

alam yang ada demi tercapainya kualitas hidup yang diinginkan. Namun, pada kenyataannya timbul dampak negatif dari suatu industri termasuk industri petrokimia tersebut. Dampak terhadap lingkungan dapat mengurangi daya dukung alam yang berarti mengurangi kemampuan alam untuk mendukung kelangsungan hidup manusia. Sedangkan bagi manusia dapat menurunkan kualitas hidup manusia itu sendiri. Dampak lain yaitu dampak yang

berhubungan dengan masalah sosial masyarakat (dampak *psiko sosio* ekonomi).

Hendaknya dihindari penggunaan produk petrokimia untuk menyimpan makanan ataupun minuman terutama dalam keadaan panas, karena dapat mempengaruhi kesehatan manusia. Selain itu penggunaan produk petrokimia hendaknya lebih selektif, karena produk petrokimia sulit terdegradasi oleh tanah sehingga mempengaruhi kualitas tanah dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Budi Utami, 2011, *Penggunaan Residu dalam Industri Petrokimia*, makalah seminar, Jakarta.
- Groenendaal, B.J., Gielen, D.J. 1999, *The Future of Petrochemical Industry*, Environmental Guidelines for Petrochemicals Manufacturing, New York.
- Hassan E. Alfadala, G.V. Rex Reklaitis and Mahmoud M. El-Halwagi (Editors), 2009, *Proceedings of the 1st Annual Gas Processing Symposium, Volume 1: January, 2009 - Qatar* (1st Edition ed.). Elsevier Science. pp. 402–414. ISBN 0-444-53292-7.
- Pujado, P.R., Vora, B.P., 2008, *Introduction to Petrochemical*, UIC Campus, Chicago.
- Sami Matar and Lewis F. Hatch, 2001, *Chemistry of Petrochemical Processes*, Gulf Professional Publishing. ISBN 0-88415-315-0.
- <http://www.chemistry35.blogspot.com/industri-petrokimia.html>. Diakses. 14 Juli 2014
- <http://www.rieko.wordpress.com/industri-petrokimia-part-2>. Diakses 26 Nopember 2009.
- [http://www.staff.ui.ac.id/internal/132127784/material/Industri petrokimia](http://www.staff.ui.ac.id/internal/132127784/material/Industri%20petrokimia). Diakses 25 Mei 2014
- [http://www.ririkhakha.blogspot.com/Industri Petrokimia](http://www.ririkhakha.blogspot.com/Industri%20Petrokimia). Html. Diakses 11 Agustus 2014
- <http://www.google.co.id/url?sa=t&rct=j&q=industri%20petrokimia&source=web&cd=2&ved=0CDcQFjAB&url=http%3A%2F%2Fstaff.ui.ac.id%2Finternal%2F132127784%2Fmaterial%2F>. Industri Petrokimia. Diakses 7 Agustus 2014

*) Penulis adalah pejabat Widyaiswara Madya Pusdiklat Migas