

# Pengantar Edisi Kedua

Edisi pertama *Chemistry of Petrochemical Processes* (Ilmu Kimia Proses Petrokimia) ditulis dengan tujuan untuk mengenalkan kepada pembaca melalui pendekatan sederhana mengenai beragam pokok bahasan yang berkaitan dengan ilmu kimia dan teknologi dari beragam proses petrokimia dan petroleum. Buku ini menelaah mekanisme dari banyak reaksi dan juga parameter operasinya (temperatur, tekanan, waktu tinggal, dsb.) yang secara langsung mempengaruhi hasil produk dan komposisinya. Agar pembaca dapat mengikuti aliran reaktan hingga produk, maka proses tersebut diilustrasikan dengan diagram alir yang disederhanakan.

Meskipun konsep dasar dan susunan bab dalam edisi kedua ini sama dengan yang pertama, namun edisi baru ini mencakup beberapa tambahan kecil dan perbaikan yang berkaitan dengan perkembangan pemrosesan dan katalis.

Industri petrokimia adalah bidang sangat besar yang mencakup banyak polimer dan bahan kimia komersial. Sebagai gambaran akan besarnya pasar petrokimia, di dunia saat ini produksi poliolefin sendiri saja adalah lebih dari 36 milyar ton per tahun dan diperkirakan akan tumbuh dengan laju 4-5% per tahun. Pertumbuhan seperti ini memerlukan banyak usaha untuk memperbaiki teknik dan rancangan katalis serta menjamin mutu produk yang bagus. Ini terutama dicapai melalui penelitian katalis baru yang aktif dan selektif. Berikut ini adalah beberapa tambahan penting mengenai hal ini:

- Karena etilena dan propilena merupakan batubata utama bagi industri petrokimia, maka perlu terus dicari cara lain untuk memroduksinya. Rute utama untuk produksi etilena dan propilena adalah perengkahan kukus, yang merupakan proses padat-energi. Perengkahan katalitik terfluidakan (FCC = fluid catalytic cracking) juga dipakai untuk menambah produksi olefin ini. Suatu proses baru yang memroduksi olefin ringan dalam persentase yang lebih tinggi daripada FCC adalah perengkahan katalitik dalam (DCC = deep catalytic cracking), dan ini dibahas di Bab 3.
- Pencarian jalur lain untuk memroduksi monomer dan bahan kimia dari sumber selain minyak bumi, seperti batubara, telah menghidupkan kembali pemakaian teknologi Fisher Tropsch, yang bisa memroduksi tambahan bahan bakar, olefin ringan, sulfur, fenol, dsb. Ini bisa dipakai sebagai bahan baku bagi petrokimia seperti diperlihatkan di Bab 4.
- Katalis bagi banyak proses petroleum dan petrokimia merupakan bagian cukup besar dari keseluruhan biaya operasional dan modal. Katalis heterogen lebih umum dipakai karena mudahnya pemisahan dari produknya. Di sisi lain, katalis homogen normalnya lebih selektif dan beroperasi pada kondisi ringan daripada jenis heterogen, namun kehilangan kesederhanaannya dan kemudahan pemisahan produknya. Problem ini dengan gemilang diselesaikan untuk reaksi okso yang memakai rhodium yang dimodifikasi dengan ligand trifenilfosfina yang terlarut dalam air. Jadi, produk liofiliknya dapat gampang dipisahkan dari katalis

fasa aqueousnya. Klaster kobalt yang larut dalam air dapat secara efektif menghidroformilasi olefin lebih tinggi dalam sistem dua-fasa dengan memakai polietilena glikol sebagai media polar. Pendekatan ini dijabarkan di Bab 5.

- Dalam bidang polimer, metalosena generasi-baru, yang saat ini dipergunakan dalam banyak proses polietilena dan polipropilena, dapat memolimerisasi propilena dalam dua mode berbeda: blok isotaktik kaku berselang-seling dan ataktik lentur. Perkembangan baru ini dan perubahan-perubahan lain serta pendekatan yang berkaitan dengan polimer didiskusikan di Bab 11 dan 12.

Saya harap tambahan baru yang saya rasa perlu dimasukkan dalam buku ini dapat memuaskan para pembaca.

***Sami Matar, Ph.D.***

# Pengantar Edisi Pertama

Secara umum bahan petrokimia adalah senyawa dan polimer yang diturunkan secara langsung atau tidak langsung dari minyak bumi dan dipergunakan di pasar bahan kimia. Di antara produk petrokimia utama adalah plastik, serat buatan, karet buatan, deterjen, dan pupuk nitrogen. Banyak industri bahan kimia lain yang penting seperti cat, perekat, aerosol, insektisida, dan obat-obatan yang mungkin memakai satu atau beberapa produk petrokimia dalam tahap pembuatannya.

Bahan mentah primer untuk produksi petrokimia adalah gas alam dan minyak bumi. Namun, bahan-bahan karbon lain seperti batubara, shale minyak, dan tar dapat juga diproses (meskipun mahal) untuk memproduksi bahan kimia tersebut.

Industri petrokimia terutama berbasiskan pada tiga jenis bahan-antara, yang diturunkan dari bahan mentah primer tersebut. Ini adalah olefin  $C_2$ - $C_4$ , hidrokarbon aromatik  $C_6$ - $C_8$ , dan gas sintesa (suatu campuran  $H_2/CO$ ).

Pada umumnya, minyak bumi dan gas alam mengandung campuran hidrokarbon yang relatif tidak reaktif bersama-sama dengan sejumlah beragam senyawa bukan hidrokarbon. Campuran ini pada prinsipnya tidak mengandung olefin. Namun, hidrokarbon  $C_2$  dan yang lebih berat dari kedua sumber ini (gas alam dan minyak bumi) dapat diubah menjadi olefin ringan yang merupakan bahan asal bagi produksi petrokimia.

Hidrokarbon aromatik  $C_6$ - $C_8$ , meskipun ada dalam minyak bumi, tetapi umumnya berkonsentrasi sangat rendah sehingga tidak layak secara teknik dan ekonomi untuk diambil. Tetapi, suatu campuran kaya-aromatik dapat diperoleh dari proses reforming katalitik dan proses-proses perengkahan, yang bisa diekstraksi lebih lanjut untuk mendapatkan aromatik yang dibutuhkan bagi pemakaian petrokimia. Gas-gas petroleum yang dicairkan ( $C_3$ - $C_4$ ) dari gas alam dan aliran gas pengilangan dapat juga diubah secara katalitik menjadi campuran hidrokarbon cair yang kaya aromatik  $C_6$ - $C_8$ .

Gas sintesa, bahan-antara petrokimia terpenting ketiga, diperoleh melalui reforming kukus dari gas alam atau fraksi-fraksi minyak bumi. Gas sintesa adalah pemicu bagi dua bahan kimia bervolume-besar, amonia dan metanol.

Dari bahan-antara sederhana ini, banyak bahan kimia dan polimer penting diturunkan melalui reaksi konversi berbeda. Tujuan buku ini bukan hanya untuk menyajikan reaksi yang terlibat dalam konversi tersebut, tapi juga untuk mengaitkannya dengan variabel proses dan dengan jenis katalis yang dipakai untuk mendapatkan produk yang diinginkan. Jika diperlukan, diskusi mengenai mekanisme reaksi yang penting juga akan dimasukkan. Namun bagaimanapun, buku ini berusaha memberikan penjelasan yang disederhanakan mengenai

beragam bahasan berkaitan dengan ilmu kimia, teknologi proses, polimer, dan katalis.

Sebagai titik pangkal, buku ini menelaah sifat-sifat umum bahan mentah ini. Lalu diikuti dengan berbagai teknik yang dipakai untuk merubah bahan mentah ini menjadi bahan-antara, yang kemudian direaksikan lebih lanjut untuk menghasilkan bahan petrokimia. Bab pertama berkaitan dengan komposisi dan teknik pengolahan gas alam. Bab ini juga menelaah sifat-sifat, komposisi, dan pengelompokan berbagai ragam minyak bumi. Sifat-sifat dari beberapa bahan karbon yang terbentuk secara alami seperti batubara dan pasir tar akan dibahas singkat pada akhir bab ini. Bahan ini diperkirakan akan menjadi sumber energi dan sumber bahan kimia masa depan ketika minyak bumi dan gas alam habis. Bab 2 menyimpulkan sifat-sifat penting hidrokarbon-antara dan fraksi-fraksi petroleum yang diperoleh dari gas alam dan minyak bumi.

Pemrosesan minyak bumi terutama bertujuan untuk memroduksi bahan bakar, sehingga hanya sebagian kecil produknya yang dipakai untuk sintesa olefin dan aromatik. Di Bab 3, berbagai proses pemrosesan minyak bumi ditelaah dengan menitikberatkan pada teknik konversi yang dipakai untuk fungsi ganda yaitu untuk memperoleh bahan bakar dan juga bahan dasar olefinik dan aromatik. Termasuk juga dalam bab ini, proses perengkahan kukus yang berperan khusus dalam memroduksi olefin dan diolefin.

Selain merupakan sumber utama bagi bahan petrokimia yang berbasiskan-hidrokarbon, minyak bumi dan gas alam adalah juga pemicu bagi kelompok khusus senyawa atau campuran yang dikelompokkan sebagai bahan-antara bukan hidrokarbon. Di antaranya adalah campuran gas sintesa, hidrogen, sulfur, dan karbon hitam. Bahan-bahan ini memiliki arti penting secara ekonomi dan didiskusikan di Bab 4.

Bab 5 mendiskusikan bahan kimia yang diturunkan secara langsung maupun tidak langsung dari metana. Karena gas sintesa adalah bahan-antara utama yang diturunkan dari metana, maka campuran gas ini didiskusikan lebih jauh lagi di bab ini dalam hubungannya dengan bahan kimia utama yang berbasiskan campuran ini.

Hidrokarbon parafinik lebih tinggi daripada metana secara umum tidak dipergunakan untuk produksi bahan-kimia melalui reaksi langsung dengan reagen kimia karena reaktifitasnya yang relatif lebih rendah dari pada olefin dan aromatik. Namun, ada juga sedikit turunan yang dapat diperoleh dari hidrokarbon ini melalui reaksi oksidasi, nitrasi, dan klorinasi. Ini dibahas di Bab 6.

Jantung industri petrokimia terletak pada olefin  $C_2-C_4$ , butadiena, dan aromatik  $C_6-C_8$ . Bahan kimia dan monomer yang diturunkan dari bahan-antara ini secara berurutan didiskusikan di Bab 7-10.

Penggunaan monomer-monomer yang berbasiskan olefin ringan, diolefin, dan aromatik untuk produksi polimer komersial dibahas dalam dua bab terakhir. Bab 11 menelaah ilmu kimia yang terlibat dalam sintesa polimer, pengelompokannya, dan sifat-sifat umumnya. Buku ini tidak mendiskusikan kinetika dari reaksi polimer. Buku-buku ilmu kimia polimer yang lebih khusus bisa dirujuk untuk pembahasan ini.

Bab 12 mendiskusikan penggunaan beragam monomer yang diperoleh dari sumber petroleum untuk memroduksi polimer komersial. Bukan hanya membahas reaksi kimia yang terlibat dalam sintesa polimer-polimer ini, tetapi juga membahas sifat-sifat kimia, fisik, dan mekanikalnya. Sifat-sifat ini berhubungan dengan

bagaimana pemakaian dari suatu polimer sebagai plastik, sebagai elastomer, atau sebagai serat.

Sebagai alat bantu tambahan bagi para pembaca yang mencari informasi lebih lanjut tentang bahasan tertentu, maka daftar rujukan ditempatkan pada akhir setiap bab. Dalam keseluruhan isi buku, satuan-satuan berbeda dipergunakan secara bergantian seperti yang dipakai dalam industri. Namun pada kebanyakan kasus, temperatur dinyatakan dalam derajat celcius, tekanan dalam atmosfer, dan energi dalam kilo joule.

Bab-bab buku ini disusun hampir sama dengan *From Hydrocarbon to Petrochemicals*, buku yang saya tulis bersama dengan almarhum Professor Hatch dan dipublikasikan oleh Gulf Publishing Company pada tahun 1981. Meskipun buku itu lebih ditujukan untuk kalangan teknik dan peneliti di bidang petroleum, namun ia dipakai juga oleh banyak rekan sejawat dan universitas sebagai rujukan atau sebagai teks untuk kursus-kursus khusus. Buku ini juga dimaksudkan untuk melayani kedua fungsi ini yaitu sebagai rujukan dan juga sebagai teks bagi jurusan ilmu kimia dan teknik kimia.

Di tahun terakhir ini, banyak lembaga pendidikan merasakan keuntungan dari satu atau beberapa kursus-kursus berkaitan-teknik seperti petrokimia untuk dimasukkan dalam kurikulum ilmu kimia dan teknik kimia mereka. Lebih dari empat puluh tahun lalu, Lewis Hatch memelopori usaha seperti ini dengan menawarkan kursus "Bahan Kimia dari Petroleum" di Universitas Texas. Tak lama setelah itu, kata "petrokimia" muncul untuk mengistilahkan bahan kimia yang diperoleh dari minyak bumi dan gas alam.

Saya berharap bahwa penerbitan buku ini bisa memenuhi sebagian tujuan untuk meneruskan usaha almarhum Professor Hatch dalam menampilkan keindahan ilmu kimia melalui pendekatan secara sederhana.

Pada kesempatan ini, saya ingin mengungkapkan penghargaan saya kepada staf Gulf Publishing Co. atas komentar mereka yang berharga.

Saya juga menghargai kerjasama dan bantuan yang saya terima dari rekan sejawat, administrasi KFUPM, dan terutama kepada Dr. A. Al-Arfaj, ketua departemen ilmu kimia; Dr. M. Z. El-Faer, ketua ilmu murni; dan Dr. A. Al-Zakary, wakil rektor untuk penelitian dan program sarjana, atas bantuannya dalam menyelesaikan buku ini.

**Sami Matar, Ph.D.**