

LAPORAN TUGAS PRARANCANGAN PABRIK

PRARANCANGAN PABRIK ASETON PROSES DEHIDROGENASI ISOPROPIL ALKOHOL KAPASITAS 21.000 TON/TAHUN



TUGAS AKHIR

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh
Gelar Kesarjanaan Strata 1 Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Surakarta**

Oleh :

RETNO PALUPI

D 500 040 018

Dosen Pembimbing :

1. Kusmiyati ,ST, MT, Ph.D
2. Hamid Abdillah , ST

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2009

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik

Perkembangan industri di Indonesia pada saat ini mengalami peningkatan di segala bidang, terutama industri yang bersifat padat modal dan teknologi Indonesia diharapkan mampu bersaing dengan negara-negara maju lainnya. Peningkatan yang pesat baik secara kualitatif maupun kuantitatif juga terjadi dalam industri kimia. Salah satu bahan industri kimia yang sangat diperlukan dalam industri kimia adalah Aseton.

Aseton banyak dipakai pada industri selulosa asetat, cat, serat, plastik, karet, kosmetik, perekat, pernis, penyamakan kulit, pembuatan minyak pelumas, dan proses ekstaksi juga sebagai bahan baku pembuatan *methyl isobutyl ketone*.

Aseton dikenal juga dengan dimetil keton atau 2 propanon merupakan senyawa penting dari aliphatic keton. Aseton pertama kali dihasilkan dengan cara distilasi kering dari kalsium asetat. Fermentasi karbohidrat menjadi aseton, butyl dan etil-alkohol yang menggantikan proses tersebut pada tahun 1920. Proses tersebut mengalami pembaharuan pada tahun 1950 dan 1960 yaitu proses dehydrogenasi 2-propanol dan oksidasi cumene menjadi phenol dan aseton. Bersamaan dengan proses oksidasi propene, metoda ini menghasilkan lebih dari 95% aseton yang diproduksi di seluruh dunia. (Ullmann, 2007)

Kebutuhan Aseton di Indonesia semakin lama semakin meningkat tapi sampai saat ini masih belum ada perusahaan di Indonesia yang memproduksinya. Untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, Indonesia masih mendatangkan Aseton dari negara lain seperti : Amerika Serikat, Belanda, Cina, Korea, Jepang, dan Singapura. Indonesia mengimpor aseton sebanyak 10.999 ton pada tahun 2002, 12.785 ton pada tahun 2003, 13.401 ton pada tahun 2004, 12.251 ton pada tahun 2005, dan 14.203 ton pada tahun 2006.

(BPS)

Dengan didirikannya pabrik Aseton ini diharapkan mampu memberikan keuntungan sebagai berikut:

- a. Pabrik – pabrik industri kimia seperti cat, pernis dan juga industri kosmetik semakin berkembang memungkinkan kebutuhan akan aseton semakin meningkat.
- b. Menghemat sumber devisa Negara karena dapat mengurangi ketergantungan impor.
- c. Membantu pabrik-pabrik di Indonesia yang memakai Aseton sebagai bahan bakunya, karena selain lebih murah juga kontinuitasnya lebih terjaga.
- d. Adanya proses alih teknologi karena produk yang diperoleh dengan teknologi modern membuktikan bahwa sarjana-sarjana Indonesia mampu menyerap teknologi modern sehingga tidak tergantung kepada negara lain.
- e. Membuka lapangan kerja yang baru.

1.2 Penentuan Kapasitas Perancangan

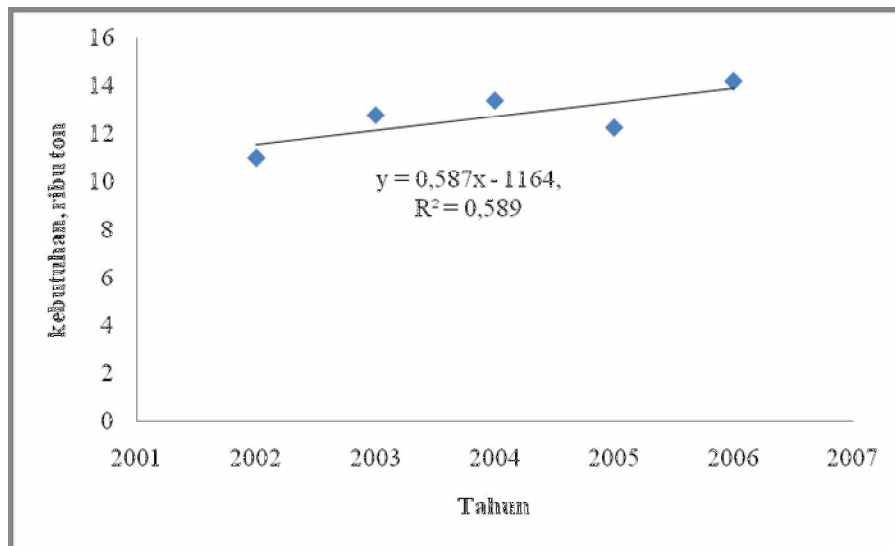
Pemilihan Kapasitas perancangan didasarkan pada kebutuhan Aseton di Indonesia, tersedianya bahan baku, serta ketentuan kapasitas minimum.

1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Aseton di Indonesia

Kebutuhan Aseton di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Hal ini menunjukkan pesatnya perkembangan industri kimia di Indonesia. Data statistik di bawah menunjukkan kenaikan permintaan Aseton dari luar:

Tabel 1.1 Data import Aseton Indonesia

| No. | Tahun | Jumlah (Ton) |
|------------|--------------|---------------------|
| 1. | 2002 | 10.999 |
| 2. | 2003 | 12.785 |
| 3. | 2004 | 13.401 |
| 4. | 2005 | 12.251 |
| 5. | 2006 | 14.203 |



Gambar 1.1 Hubungan Tahun dengan Kebutuhan Acetone

Berdasarkan data di atas, diperkirakan kebutuhan Aseton akan terus meningkat pada tahun-tahun mendatang sejalan dengan berkembangnya industri yang menggunakan Aseton sebagai bahan baku. Peningkatan rata-rata kebutuhan Aseton di Indonesia sebesar 6.5%. Dengan perhitungan sebagai berikut :

$$y = mx + c$$

$$y_1 = 0.587x(2012) - 1164$$

$$= 17.044$$

$$y_2 = 0.587x(2006) - 1164$$

$$= 13.522$$

$$\begin{aligned} \text{rata-rata} &= \frac{y_1 - y_2}{\text{selisih tahun}} \div y_2 \\ &= \frac{17.044 - 13.522}{6} \div y_2 \\ &= \frac{0.8805}{13.522} \\ &= 0.0651 \\ &= 6.5\% \end{aligned}$$

1.2.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan untuk membuat Aseton yaitu isopropil alkohol yang sudah banyak diproduksi di Indonesia. Bahan baku isopropil alkohol diperoleh dari PT.Pertamina, Cilacap, Jawa Timur.

1.2.3 Kapasitas Minimal

Dari Mc. Ketta tahun 1978 diperoleh bahwa kapasitas minimal yang dapat memberikan keuntungan adalah 15.000 ton/ tahun.

Tabel 1.2 Produsen- produsen Aseton di luar negeri

| No. | PRODUSEN | KAPASITAS* |
|-----|---|------------|
| 1. | Dow Chemical, Freeport, Tex. | 395 |
| 2. | Dow Chemical, Institute, W.Va. | 170 |
| 3. | Georgia Gulf, Pasadena, Tex. | 95 |
| 4. | Georgia Gulf, Plaquemine, La. | 305 |
| 5. | Goodyear Tire & Rubber, Bayport, Tex. | 15 |
| 6. | Ineos Phenol, Theodore, Ala. | 605 |
| 7. | JLM Chemicals, Blue Island, III | 55 |
| 8. | Mount Vernon Phenol Plant Partnership, Mount Vernon, Ind. | 430 |
| 9. | Shell, Deer Park, Tex. | 715 |
| 10. | Sunoco, Frankford, Pa | 680 |
| 11. | Sunoco, Haverhill, Ohio | 590 |
| | Total | 4.055 |

*Juta Pound per tahun aseton

Tabel 1.3 Produsen- produsen isopropyl alcohol (IPA) di luar negeri

| No. | PRODUSEN | KAPASITAS* |
|-----|------------------------------|------------|
| 1. | Dow, Texas City, Tex. | 550 |
| 2. | Equistar, Channelview, Tex. | 65 |
| 3. | ExxonMobil, Baton Rouge, La. | 660 |
| 4. | Shell, Deer Park, Tex. | 600 |
| | Total | 1.875 |

*Juta pound per tahun isopropyl alcohol (IPA).

1.3 Pemilihan Lokasi

Lokasi pabrik sangat berpengaruh terhadap keberadaan suatu proyek industri baik dari segi komersial maupun kemungkinan pengembangan di masa mendatang. Banyak faktor yang harus dipertimbangkan dalam memilih lokasi pabrik. Pendirian pabrik direncanakan di kawasan industri Merak, Banten.



Gambar 1.2. Peta Provinsi Banten

Pemilihan lokasi didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan berikut:

1. Faktor *Primer*

a. Sumber Bahan Baku

Penyediaan bahan baku merupakan hal yang paling penting dalam mengoperasikan pabrik, karena pabrik beroperasi atau tidak sangat tergantung pada persediaan bahan baku atau pelabuhan tempat masuknya barang.

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan Aseton yaitu Isopropil Alkohol masih diimpor dari Belanda, oleh karena itu dipilih lokasi yang dekat dengan pelabuhan untuk mempermudah pengiriman.

b. Pemasaran

Prospek pasar menjadi sangat penting karena untung ruginya suatu pabrik sangat tergantung pada pemasaran produknya, sehingga lokasi pabrik harus didirikan di daerah yang cerah prospek pemasarannya. Sebagai produk Aseton banyak dibutuhkan oleh industri cat, *vernish*, selulosa, karet dan kosmetik. Oleh karena itu sangat menguntungkan bila pabrik Aseton ini didirikan di lokasi yang berdekatan dengan industri-industri tersebut.

c. Sarana Transportasi

Sasaran pemasaran sebagian besar adalah untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri di samping sebagian sisa lainnya untuk diekspor. Untuk itu lokasi pabrik harus berdekatan dengan sarana perhubungan laut dan darat. Fasilitas jalan dan pelabuhan di Merak mendukung sekali untuk kepentingan tersebut, yaitu dengan adanya jalan antar propinsi kelas 1, bahkan jalan tol. Dan juga pelabuhan yang ada sudah banyak disinggahi kapal-kapal besar.

d. Utilitas

Untuk kelancaran operasi pabrik, perlu diperhatikan sarana-sarana pendukung seperti air, listrik dan lain-lain, agar proses produksi

dapat berjalan dengan baik. Penyediaan tenaga listrik diperoleh dari PLN dan generator set sebagai cadangan. Penyediaan air diperoleh dari air laut, sedang *steam* yang akan digunakan merupakan pemanfaatan dari WHB.

e. Tenaga Kerja

Tenaga kerja mutlak diperlukan untuk menjalankan mesin-mesin produksi. pendirian pabrik diharapkan dapat menyerap tenaga kerja dan mengurangi pengangguran. Di kawasan industri seperti Merak tenaga kerja bukan masalah yang berarti.

2. Faktor *Sekunder*

a. Perluasan Areal Pabrik

Dengan melihat perkembangan kebutuhan masa mendatang yang terus meningkat, maka perlu dipertimbangkan faktor perluasan pabrik. Merak merupakan suatu kawasan industri yang telah memenuhi faktor kelayakan baik mengenai iklim, sosial dan karakteristik lingkungan. Sehingga tidak menghambat pendirian dan kelangsungan operasional dari pabrik.

b. Karakteristik Lokasi

Karakteristik lokasi menyangkut iklim di daerah tersebut, yang tidak rawan terjadinya banjir, serta kondisi sosial masyarakatnya. Dalam hal ini Merak bisa digunakan sebagai lokasi pendirian pabrik Aseton.

c. Kebijakan Pemerintah

Pendirian pabrik perlu memperhatikan beberapa faktor kepentingan yang terkait didalamnya, kebijaksanaan pengembangan industri, dan hubungannya dengan pemerataan kesempatan kerja, kesejahteraan, dan hasil-hasil pembangunan. Di samping itu, pabrik yang didirikan juga harus berwawasan lingkungan, artinya keberadaan pabrik tersebut tidak mengganggu atau merusak lingkungan sekitarnya.

d. Kemasyarakatan

Dengan masyarakat yang akomodatif terhadap perkembangan industri dan tersedianya fasilitas umum untuk hidup bermasyarakat, maka lokasi di Merak dirasa tepat.

Dari pertimbangan faktor-faktor di atas, maka dipilih daerah Merak, Banten sebagai pendirian pabrik Aseton.

1.4. Tinjauan Pustaka

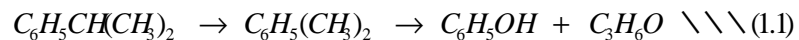
1.4.1. Macam-macam Proses Pembuatan Aseton

Ada beberapa macam proses pembuatan Aseton secara komersial, antara lain:

1. Proses *Cumene Hidroperoksida*

Mula-mula *Cumene* Dioksidasi menjadi *Cumene Hidroperoksida* dengan udara atmosfer atau udara yang kaya oksigen dalam satu atau beberapa oksidasinya. Temperatur yang digunakan adalah antara 80 °C – 130 °C dengan 6 atm, serta dengan penambahan Na₂CO₃. pada umumnya proses oksidasi ini dijalankan dalam 3 atau 4 reaktor yang dipasang seri.

Reaksi:



Hasil dari oksidasi pada reaktor pertama mengandung 9-12% *Cumene Hidroperoksida*, 15-20% pada reaktor kedua, 24-29% pada reaktor ketiga, dan 32-39% pada reaktor selanjutnya. Kemudian produk reaktor keempat dievaporasikan sampai konsentrasi *Cumene Hidroperoksida* menjadi 75-85%.

Kemudian dengan penambahan asam akan terjadi reaksi pembelahan *Cumene Hidroperoksida* menjadi suatu campuran yang terdiri dari Fenol, Aseton dan berbagai produk lain seperti *chumylphenols*, *acetophenone*, *dimethyl phenylcarbinol*, *α-methylstyrene*, dan *hydroxyacetone*. Campuran ini kemudian

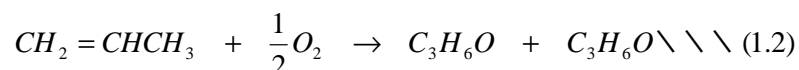
dinetralkan dengan penambahan *sodium phenoxide* atau basa lain atau dengan *ion exchanger* yang lain.

Kemudian campuran dipisahkan dan *crude acetone* diperoleh dengan cara distilasi. Untuk mendapatkan kemurnian yang diinginkan perlu dilakukan penambahan satu atau kolom distilasi. Jika digunakan dua kolom, kolom pertama untuk memisahkan impuritas seperti Asetaldehid atau Propionaldehid. Sedangkan kolom kedua berfungsi untuk memisahkan fraksi-fraksi berat yang sebagian besar terdiri dari air. Aseton diperoleh sebagai hasil atas menara kedua (Kirk & Othmer, 1991).

2. Proses Oksidasi Propilen

Proses oksidasi Propilen menjadi Aseton dapat berlangsung pada suhu 145 °C dan tekanan 10 atm dengan bantuan katalis *bismuth phaspomolibdat* pada alumina. Pada proses ini hasil reaksi terdiri dari Aseton dan Propanaldehid (Kirk & Othmer, 1983).

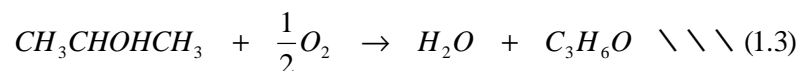
Reaksi:



Proses Oksidasi Isopropil Alkohol

Pada pembuatan Aseton dengan proses ini, Isopropil Alkohol dicampur dengan udara dan digunakan sebagai umpan reaktor yang beroperasi pada suhu 200 °C-800 °C. Reaksi dapat berjalan dengan baik menggunakan katalis seperti yang digunakan pada proses dehidrogenasi Isopropil Alkohol.

Reaksi:



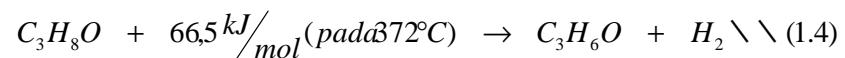
Reaksi ini sangat *eksotermis* (43 kkal/mol) pada 25 °C dan untuk itu diperlukan pengontrolan suhu yang sangat cermat untuk mencegah turunnya *yield* yang dihasilkan. Untuk mendapatkan konversi yang baik reaktor dirancang agar hasil

dapat langsung diinginkan. Proses jarang digunakan bila dibanding dengan proses dehidrogenasi (Kirk & Othmer, 1983).

3. Proses Dehidrogenasi Isopropil Alkohol

Proses lain yang sangat penting untuk memproduksi Aseton adalah dehidrogenasi katalitik dimana reaksinya adalah *endotermis*.

Reaksi:



Pada proses ini Isopropil Alkohol diuapkan dengan *vaporizer* dan dipanaskan dalam HE dengan menggunakan *steam* kemudian dimasukkan ke dalam *multi turbular fixed bed reactor*. Ada sejumlah katalis yang dapat digunakan dalam proses ini yaitu kombinasi *zinc oxide- zirconium oxide*, kombinasi *copper-chromium oxide, copper, silicon dioxide*. Kondisi operasi reaktor ini adalah 1.5-3 atm dan suhu 400 °C-600 °C. Dengan proses ini konversi dapat mencapai 75-98% dan *yield* dapat mencapai 85-90%.

Gas panas keluar dari reaktor yang terdiri dari Isopropil Alkohol, Aseton, dan Hidrogen dilewatkan *scrubber*, untuk dipisahkan antara gas *insoluble* (H₂) dengan Aseton, Isopropil Alkohol, dan air. Hasil dari *scrubber* ini didistilasi, Aseton diambil sebagai hasil atas sedangkan campuran Isopropil Alkohol dan air sebagai hasil bawah. Hasil bawah ini didistilasi lagi untuk *recovery* Isopropil Alkohol yang diambil sebagai hasil atas yang kemudian di *recycle* ke reaktor (Kirk & Othmer, 1983).

Proses dehidrogenasi Isopropil Alkohol dipilih karena memiliki alasan sebagai berikut:

- a. Proses dehidrogenasi Isopropil Alkohol tidak memerlukan unit pemisahan O₂ dari udara sebelum diumpankan ke dalam reaktor.

- b. Dengan jumlah Isopropil Alkohol yang sama, konversi pada proses dehidrogenasi lebih besar sehingga hasil Aseton yang diperoleh lebih banyak.
- c. Pada proses oksidasi timbul masalah terjadinya korosi sehingga dapat mengganggu jalannya proses, sedangkan pada proses dehidrogenasi, hal tersebut dapat dikurangi.

1.4.2 Kegunaan Produk

Pada saat ini Aseton banyak digunakan untuk pelarut, di samping untuk bahan baku dalam pembuatan senyawa kimia petroleum seperti *metal isobutyl keton* (MIBK, *metal meta akrilat*, *metal isobutyl karbinol*, *bisphenol A*, dan lain-lain). Konsumen bahan kimia ini adalah industri cat, varnish, karet, acetic acid, plastik, dan kosmetik.

1.4.3. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1. Sifat Bahan Baku (Isopropil Alkohol)

Isopropil Alkohol dengan nama lain isopropanol, 2-propanol, dimetil-karbinol mempunyai sifat-sifat:

a. Sifat Fisis

- Rumus molekul : C_3H_7OH
- Berat molekul, g/gmol : 60,10
- Kenampakan : cairan tak berwarna
- Titik didih, °C : 82,3
- Titik beku, °C : -88,5
- *Refractive index* (20°C) : 1,3772
- Viskositas (20 °C),cP : 2,4
- Densitas (20 °C), g/cm³ : 0,7854
- *Specific Gravity* (20 °C) : 0,7864
- Temperatur kritis, °C : 235,2
- Tekanan kritis (20 °C), kPa : 4.764

- Sangat larut dalam air (Kirk & Othmer, 1983).

b. Sifat Kimia

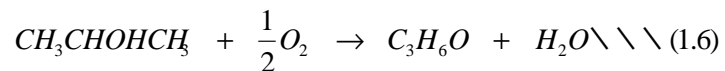
1. Isopropil Alkohol didehidrogenasi membentuk Aseton dengan katalis bermacam-macam seperti logam, oksida dan campuran logam dengan oksidanya.

Reaksi:



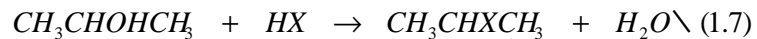
2. Isopropil Alkohol dapat juga dioksidasi secara parsial membentuk Aseton dengan katalis yang sama dengan proses dehidrogenasi.

Reaksi:



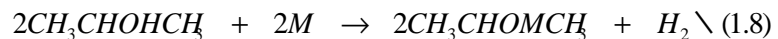
3. Dengan asam halogen dihasilkan Isopropil Halida.

Reaksi:



4. Bereaksi dengan logam-logam aktif seperti sodium dan potasium membentuk Metal Isopropoksida dan hidrogen.

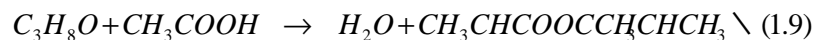
Reaksi:



Alumina Isopropoksida dapat dihasilkan dari *reflux* Isopropil Alkohol 99%, aluminium dengan katalis Merkuri Oksida.

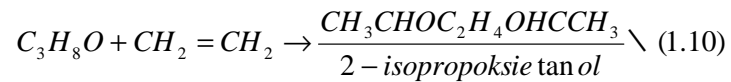
5. Dengan Asam Asetat dan katalis Asam Sulfat dapat membentuk Isopropil Asetat.

Reaksi:



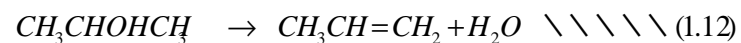
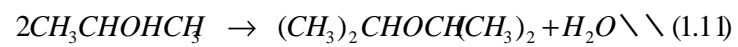
6. Dengan Etilen Oksida atau Propilen Oksida dengan katalis basa seperti NaOH akan membentuk Eter Alkohol dari Isopropil Alkohol.

Reaksi:



7. Isopropil Alkohol dapat mengalami dehidrasi menghasilkan Diisopropil Eter ataupun Propilen.

Reaksi:



(Kirk & Othmer, 1983)

1.4.3.2. Sifat Produk

- **Produk Utama (Acetone)**

Aseton dengan nama lain 2-propanon, Dimetil Ketone mempunyai sifat-sifat sebagai berikut:

a. Sifat Fisis

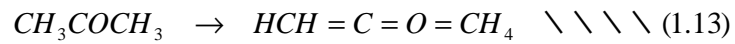
- Rumus molekul : C₃H₆O
- Berat molekul, g/gmol : 58,08
- Kenampakan : cairan tak berwarna
- Titik didih, °C : 56,29
- Titik beku, °C : -94,6
- *Refractive index* (20 °C) : 1,3588
- Viskositas (20 °C), cP : 0,32
- *Specific Gravity* (20 °C) : 0,783
- Temperatur kritis, °C : 235,05
- Tekanan kritis (20 °C), kPa : 4.701

- Sangat larut dalam air (Kirk & Othmer, 1983).

b. Sifat Kimia

1. Dengan proses pirolisa akan membentuk Ketena

Reaksi:



2. Aseton dapat dikondensasi dengan asetilen membentuk 2 metil 3 butynediol, suatu intermediate untuk Isoprene.

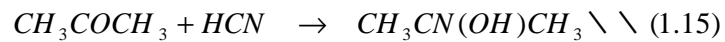
Reaksi:



(Kirk & Othmer, 1983)

3. Dengan Hidrogen Sianida dalam kondisi basa akan menghasilkan Aseton Sianohidrin.

Reaksi :



• **Produk Samping**

Ø **Hydrogen (H₂)**

- Rumus molekul : H₂
- Kenampakan : gas tak berwarna
- Titik didih, °C : -252,87
- Titik lebur, °C : -252,76
- Tidak larut dalam air (Kirk & Othmer, 1983).

Ø **Propene**

- Rumus molekul : C₃H₆
- Berat molekul, g/gmol : 42,08
- Titik didih, °C : -47,72
- *Viskositas* (20 °C),cP : 8,34
- *Specific Gravity* (20 °C) : 0,6139
- Kelarutan dalam air : 0,619/m³
- Sangat larut dalam air (Kirk & Othmer, 1983).

Ø Diisopropyl Ether

- Rumus molekul : C₆H₁₄O
- Berat molekul, g/gmol : 102.18
- Titik didih, °C : 68.3
- *Melting Point* °C : -60
- *Flash Point* °C : -28
- Larut dalam air (Kirk & Othmer, 1983).

1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

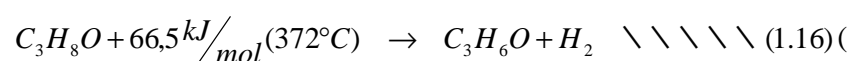
Dehidrogenasi adalah salah satu reaksi kimia yang akan menghasilkan senyawa tak jenuh dan lebih reaktif. Ada beberapa macam proses pengembangannya yang semuanya tergantung dari pengambilan hidrogen yang dihasilkan tersebut langsung atau tidak langsung. Namun pada prinsipnya beberapa senyawa yang mengandung atom hidrogen dapat langsung didehidrogenasi. Tetapi dalam hal ini hanya akan menjelaskan mengenai dehidrogenasi dari senyawa karbon, misalnya hidrokarbon dan alkohol.

Pada umumnya reaksi dehidrogenasi sulit dilakukan. Proses ini membutuhkan temperatur yang tinggi agar tercapai kesetimbangan dan kecepatan reaksi yang baik. Proses dehidrogenasi adalah reaksi yang *endotermis* sehingga diperlukan banyak panas yaitu antara 15 sampai 35 kkal/mol.

Pemakaian katalis biasanya dimasukkan ke reaktor secara acak/ random untuk mencegah terbentuknya endapan karbon maka secara periodik perlu diadakan regenerasi katalis.

Aseton dihasilkan dari proses dehidrogenasi Isopropil Alkohol dengan menggunakan katalis *Zinc Oxide*, dimana reaksinya adalah *endotermis*.

Reaksi:



Faith, Keyes & Clark, 1975)