

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Industri kimia belakangan ini terus berkembang secara terintegrasi. Perkembangan industri hilir dan juga industri bahan setengah jadi yang pesat selama ini, merupakan pendorong dibangunnya industri-industri hulu. Dengan kata lain, kebutuhan bahan baku atau penyedia bahan baku dalam sektor industri saling terkait. Oleh karena itu, pembangunan industri kimia haruslah seimbang antara industri hulu yang merupakan penyedia bahan baku, dengan industri hilir yang akan memproses bahan baku tersebut menjadi produk.

Indonesia sebagai negara yang baru maju akan melaksanakan pembangunan dan pengembangan di berbagai sektor, salah satunya adalah sektor industri. Dalam pembangunan, sektor industri makin berperan strategis karena merupakan motor penggerak dalam pembangunan suatu negara. Sektor ini di harapkan disamping sebagai penyerap tenaga kerja terbesar dan penghasil devisa, juga sebagai pemacu pertumbuhan ekonomi yang tinggi. Industri yang tengah dikembangkan di Indonesia yaitu industri kimia. Industri kimia merupakan industri yang cukup besar kontribusinya dalam menghasilkan devisa negara dan juga selama ini Indonesia banyak mengimport bahan kimia dari luar negeri. Selain itu Indonesia kaya akan sumber daya alam yang merupakan bahan dasar atau bahan baku dari industri kimia. Salah satu bahan kimia yang masih diimpor adalah isopropil alkohol. Isopropil alkohol adalah bentuk kedua dari Alkohol yang lebih sederhana (Logsdon and Loke, 1996).

Isopropil alkohol pertama kali diproduksi secara komersial pada tahun 1930 oleh Standard Oil of New Jersey, USA. Isopropil alkohol merupakan bahan baku dalam pembuatan beberapa bahan industri kimia, misalnya sebagai bahan baku dalam industri isopropil asetat, juga sebagai pelarut dan bahan baku dalam pembuatan kosmetik. Dalam bidang farmasi, isopropil alkohol digunakan sebagai antiseptik dan desinfektan. Isopropil alkohol ini dibuat dengan cara mereaksikan

propilen dengan air. Hal ini merupakan contoh pertama pembuatan petrokimia (Logsdon and Loke, 1996).

Data impor isopropil alkohol yang diperoleh dari BPS data yang diakses tahun 2015 menunjukkan bahwa impor isopropil alkohol meningkat dari tahun 2015 sebesar 26798786 ton/tahun, tahun 2016 sebesar 29610428 ton/tahun 2017 sebesar 30617746 ton/tahun, tahun 2018 sebesar 33010497 ton/tahun, tahun 2019 sebesar 33700172 ton/tahun, tahun 2020 sebesar 35370116 ton/tahun, tahun 2021 sebesar 36282620 ton/tahun, tahun 2022 sebesar 37162452 ton/tahun, dan tahun 2023 sebesar 38967,362 ton/tahun

1.2 Rumusan Masalah

Mengingat data statistik tentang kebutuhan akan isopropil alkohol (IPA) dalam industri sampai saat ini sangat meningkat dalam negeri dengan semakin besarnya data impor akan kebutuhan isopropil alkohol di Indonesia, sehingga perlu dilakukan perkembangan untuk memproduksi isopropil alkohol untuk mencukupi kebutuhan tersebut dan mengurangi angka impor Indonesia akan isopropil alkohol.

1.3 Tujuan Prarancangan Pabrik

Tujuan dari prarancangan pabrik pembuatan Isopropil Alkohol (IPA) adalah untuk memenuhi atau mengurangi angka impor kebutuhan Isopropil Alkohol dalam negeri. Serta diharapkan berdirinya pabrik Isopropil Alkohol ini, produk tersebut dapat diekspor sehingga dapat menambah devisa negara.

1.4 Manfaat Prarancangan

Pabrik pembuatan isopropil alkohol dari propilen dan air bermanfaat sebagai informasi awal bagi investor dalam pendirian pabrik isopropil alkohol. Selain itu juga memanfaatkan sumber daya alam dan memberikan nilai ekonomis pada bahan baku agar menjadi produk yang lebih bermanfaat. Pendirian pabrik ini juga didasarkan pada hal-hal berikut:

1. Dapat memenuhi kebutuhan isopropil alkohol dalam negeri sehingga mengurangi ketergantungan jumlah impor dari negara lain.

2. Terciptanya lapangan kerja untuk mengurangi pengangguran yang pada akhirnya akan meningkatkan kesejahteraan rakyat.
3. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.

1.5 Batasan Masalah

Didalam penyusunan dan penyelesaian tugas prarancangan pabrik isopropil alkohol ini, penulis membatasi hanya pada pemilihan bahan baku utama, pemilihan proses, kapasitas prarancangan pabrik, neraca massa, neraca energi, spesifikasi peralatan, tugas khusus, unit utilitas dan analisa ekonomi.

1.6 Kapasitas Prarancangan

Kapasitas produksi suatu pabrik perlu direncanakan dalam mendirikan pabrik agar dapat mengantisipasi permintaan kebutuhan baik dalam negeri maupun di luar negeri. Penentuan kapasitas perancangan pabrik berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu kebutuhan isopropil alkohol di Indonesia, ketersediaan bahan baku.

1.6.1 Kapasitas Pabrik Isopropil Alkohol

Data-data kapasitas pabrik yang telah beroperasi penghasil isopropil alkohol diluar negara dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Data Perusahaan Isopropil Alkohol beserta kapasitas diluar negara

No	Perusahaan	Negara	Kapasitas (Ton/tahun)
1	LG Chem	Yeosu, Korea Selatan	150.000
2	LCY Chemical	Lin Yuan, Taiwan	100.000
3	Tokuyuma	Tokuyuma, Jepang	70.000
4	Dezhou Detian Chemical	Dezhou, China	50.000
5	Isu Chemical	Ulsan, Korea Selatan	60.000
6.	Tasco Chemical	Lin Yuan, Taiwan	30.000

Sumber: ICIS plants & projects (2012).

Pabrik Isopropil Alkohol belum didirikan sampai sekarang di Indonesia, dikarenakan menurut Badan Pusat Statistik tahun 2024, mahal nya harga bahan

baku Isopropil Alkohol sehingga keuntungan yang didapat tidak sebanding dengan harga produksi. Akan tetapi, permintaan pasar menurut data impor dari Badan Pusat Statistik meningkat ditahun 2028. Oleh karena itu, dibutuhkan adanya pembangunan pabrik Isopropil Alkohol di Indonesia.

1.6.2 Proyeksi Kebutuhan Isopropil Alkohol

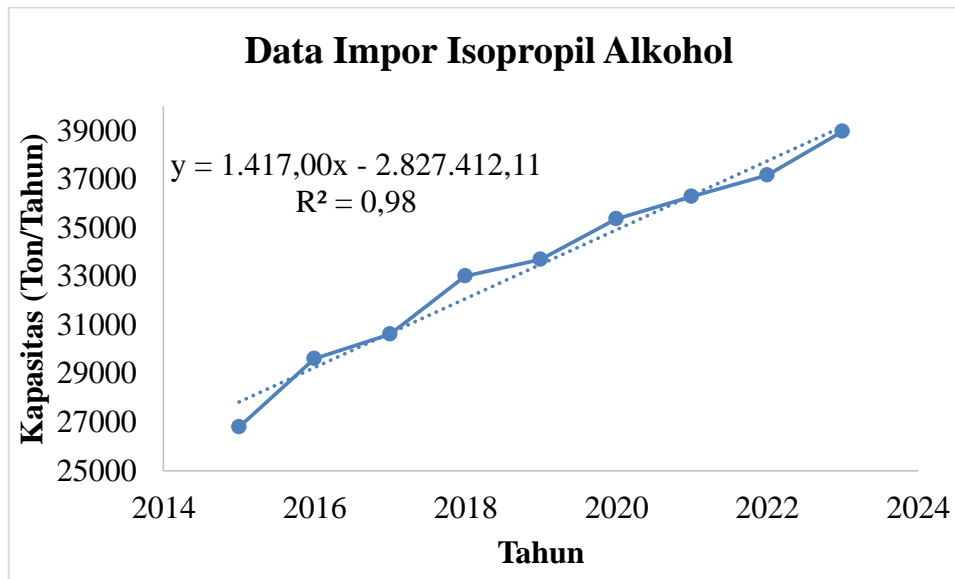
Kebutuhan isopropil alkohol di indonesia dipenuhi melalui impor. Jumlah impor isopropil alkohol selama kurun waktu 2015 sampai 2023 dapat dilihat pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data Impor Isopropil Alkohol di Indonesia

No.	Tahun	Kapasitas (TON/Tahun)
1.	2015	26798,79
2.	2016	29610,43
3.	2017	30617,75
4.	2018	33010,5
5.	2019	33700,17
6.	2020	35370,12
7.	2021	36282,62
8.	2022	37162,45
9.	2023	38967,36

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2024).

Data kebutuhan isopropil alkohol dari tahun 2015 sampai 2023 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor isopropil alkohol dari Negara lain maka didirikannya pembangunan pabrik isopropil alkohol agar dapat meningkatkan produk isopropil alkohol pada tahun-tahun yang mendatang. Berdasarkan data pusat statistik tahun 2024 diatas maka dapat dilihat bahwa hasil prediksi kebutuhan isopropil alkohol pada tahun 2028 mendatang dengan cara ekstrapolasi data. Hasil ekstrapolasi kebutuhan isopropil alkohol dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Data Impor Isopropil Alkohol di Indonesia

Berdasarkan grafik kebutuhan Isopropil Alkohol di Indonesia di atas dapat di perkirakan kebutuhan isopropil alkohol di Indonesia pada tahun 2028 adalah:

$$\begin{aligned}
 Y &= 1.417,00x - 2.827.412,11 \\
 &= 1.417,00 (2028) - 2.827.412,11 \\
 &= 46.263,89 \text{ ton/tahun}
 \end{aligned}$$

Kebutuhan Isopropil Alkohol di Indonesia pada tahun 2028 diperkirakan sebanyak 46.263,89 ton/tahun. Berdasarkan data kebutuhan dalam negeri serta kapasitas pabrik yang sudah beroperasi maka pada prarancangan pabrik isopropil alkohol ini direncanakan berdiri pada tahun 2028 dengan kapasitas 60.000 ton/tahun melalui pertimbangan sebagai berikut:

- a. Produk isopropil alkohol yang dihasilkan direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sebanyak 75% yang akan digunakan sebagai bahan baku untuk industri-industri yang menghasilkan produk aseton, metil isobutil keton, metil isobutil karbinol. Dan isopropil alkohol sebanyak 25% akan diekspor ke negara-negara seperti, India, Amerika Serikat dan Jerman.
- b. Dapat merangsang berdirinya industri kimia lainnya yang menggunakan isopropil alkohol sebagai bahan baku maupun bahan pembantu sehingga memperluas lapangan pekerjaan.

- c. Meningkatkan pendapatan negara dari sektor industri, serta menghemat devisa negara.

Hasil data ekstrapolasi dapat dilihat pada Tabel 1.3 sebagai berikut:

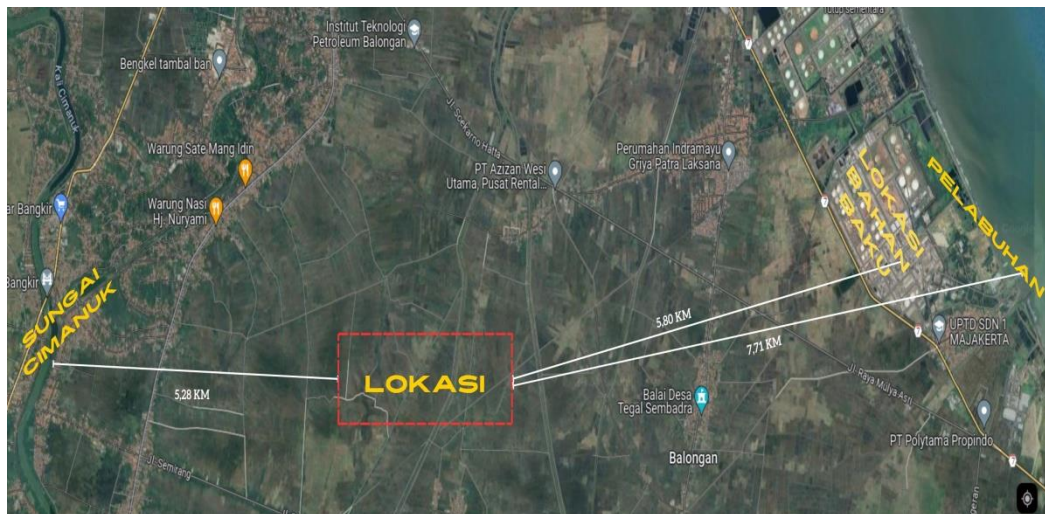
Tabel 1.3 Data Hasil Ekstrapolasi

No.	Tahun	Impor (TON/Tahun)
1.	2023	38967.36
2.	2024	40595.89
3.	2025	42012.89
4.	2026	43429.89
5.	2027	44846.89
6.	2028	46263.89

Dapat dilihat pada Tabel 1.3 diatas, data kebutuhan isopropil alkohol dari tahun 2015 sampai 2023 terus meningkat, untuk mengurangi ketergantungan terhadap impor didirikan pabrik ini agar meningkatnya isopropil alkohol pada tahun-tahun mendatang. Berdasarkan data tersebut maka dapat dilihat kebutuhan isopropil alkohol pada tahun 2035 dengan cara ekstrapolasi data.

1.7 Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi adalah hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena hal ini berhubungan langsung dengan nilai ekonomis pabrik yang akan didirikan harus menguntungkan. Oleh karena itu penentuan lokasi pabrik yang tepat merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam suatu perencanaan pabrik. Pabrik isopropil alkohol direncanakan akan didirikan di kawasan Balongan, Jawa Barat. Peta lokasi pabrik dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.2 Peta Pemilihan Lokasi Pabrik

Desa Majakerta, Kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat dipilih sebagai lokasi berdirinya pabrik isopropil alkohol. Bahan baku propilen dengan kemurnian 99,6% diperoleh dari PT Pertamina RU VI dengan kapasitas 250.000 ton/tahun yang berlokasi di Balongan, Kabupaten Indramayu, Jawa Barat. Bahan baku air diperoleh dari sungai Cimanuk dialirkan menggunakan pipa sepanjang ± 5 km ke Unit utilitas. Selain itu, lokasi pabrik juga dekat dengan pelabuhan Karangsong yang berada di kabupaten Indramayu, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk maupun untuk fasilitas ekspor produk.

1.7.1 Peraturan Kawasan Ekonomi Khusus

Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 142 tahun 2015 tentang Kawasan Industri pasal 6, pasal 7 dan pasal 8.

Pasal 6:

- (1) Pembangunan Kawasan Industri dilakukan oleh badan usaha yang berbentuk badan hukum dan didirikan berdasarkan hukum Indonesia serta berkedudukan di Indonesia.
- (2) Badan usaha sebagaimana dimaksud pada ayat (1) dapat berbentuk: a. Badan Usaha Milik Negara atau Badan Usaha Milik Daerah; b. Koperasi; atau c. Perseroan Terbatas.

Pasal 7:

- (1) Kawasan Industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 6 dibangun dengan luas lahan paling sedikit 50 (lima puluh) hektar dalam satu hamparan.
- (2) Dalam hal Kawasan Industri diperuntukkan bagi Industri Kecil dan Industri Menengah dapat dibangun dengan luas lahan paling sedikit 5 (lima) hektar dalam satu hamparan.

Pasal 8:

- (1) Kawasan Industri dapat ditetapkan sebagai kawasan strategis nasional.
- (2) Penetapan Kawasan Industri sebagai kawasan strategis nasional sebagaimana dimaksud pada ayat (1) sesuai dengan ketentuan peraturan perundang-undangan.

Peraturan Bupati Kabupaten Indramayu Nomor 1 Tahun 2012 tentang rencana tata ruang wilayah kabupaten indramayu tahun 2011-2031 pasal 5 ayat

(4). Dalam peraturan bupati ini yang dimaksud dengan:

- (4). Strategi untuk pengembangan kawasan industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 4 huruf d meliputi:
 - a. Mengembangkan kawasan peruntukkan industri dan menarik investasi;
 - b. Mengembangkan industri kecil dan menengah; dan
 - c. Mengembangkan pusat promosi dan pemasaran hasil industri kecil dan menengah.

Penetapan kawasan oleh pemerintahan Provinsi Jawa Barat sebagai kawasan pusat pertumbuhan ekonomi baru di Jawa Barat menjadikan Kabupaten Indramayu sebagai salah satu Kabupaten yang memiliki posisi yang sangat strategis. Kawasan ini diproyeksikan sebagai lokasi berbagai zona industri yang berorientasi ekspor dan memiliki daya saing. Kabupaten Indramayu berpotensi sebagai lokasi dari berbagai industri sekaligus sebagai daerah yang berfungsi sebagai pendukung sumber daya bagi kawasan tersebut.

1.7.2 Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku merupakan kebutuhan utama bagi kelangsungan suatu pabrik sehingga pengadaan bahan baku harus di perhatikan. Bahan baku propilen dengan

kemurnian 99,6% diperoleh dari PT Pertamina RU VI dengan kapasitas 250.000 ton/tahun yang berlokasi di Balongan, Kabupaten Indra mayu, Jawa Barat. Bahan baku air diperoleh dari sungai Cimanuk dialirkan menggunakan pipa sepanjang \pm 5 km ke Unit utilitas untuk diolah menjadi air bersih digunakan untuk proses.

1.7.3 Pemasaran Produk

Produk isopropil alkohol ditujukan terutama untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri. Indramayu yang masuk dalam Wilayah Pusat Pertumbuhan Industri (WPPI) yang potensial sebagai daerah pemasaran. sebagai contoh BASF indonesia. BASF indonesia yang terletak di serang, banten menggunakan isopropil alkohol sebagai bahan tambahan untuk pembuatan pestisida. Pabrik lain yang juga menggunakan isopropil alkohol adalah PT Nippon Paint and Chemical Indonesia yang terletak di jakarta utara menggunakan isopropil alkohol sebagai *solvent* dalam pembuatan cat, dan PT Apex Pharma Indonesia yang berlokasi di tanggerang menggunakan isopropil alkohol sebagai bahan tambahan pembuatan obat.

1.7.4 Sarana Transportasi

Sarana transportasi yang memadai juga merupakan faktor penting dalam pemilihan lokasi pendirian pabrik karena diperlukan untuk penyediaan bahan baku, pengangkutan maupun pemasaran produk. Dari segi sarana transportasi, Kabupaten Indramayu relatif strategis karena dilengkapi dengan sarana transportasi barat yang memadai yang menghubungkan berbagai kota besar di Pulau Jawa seperti Cirebon, Sumedang dan Majalengka. Selain itu, lokasi pabrik juga dekat dengan pelabuhan Karangsong yang berada di kabupaten Indramayu, sehingga mempermudah sistem pengiriman bahan baku dan produk maupun untuk fasilitas ekspor produk.

1.7.5 Ketersediaan Tenaga Kerja

Tenaga kerja yang dibutuhkan dapat dengan mudah diperoleh karena Balongan merupakan kawasan pertumbuhan industri sehingga banyak tenaga kerja ahli maupun non ahli dari berbagai daerah ke Balongan, Jawa Barat.

1.7.6 Kebutuhan Air dan Listrik

Fasilitas pendukung berupa air, energi listrik, dan bahan bakar tersedia cukup memadai karena merupakan kawasan industri. Kebutuhan utilitas dapat dipenuhi oleh perusahaan penyediaan jasa utilitas pabrik. Kebutuhan tenaga listrik dipenuhi dari PT PLN unit PLTU Indramayu yang lokasinya tidak jauh dari kawasan industri.

1.8 Pemilihan Proses

Ada beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam pemilihan proses reaksi yaitu dengan cara melihat dari segi aspek ekonomi dan aspek teknis. Cara menentukan pemilihan proses dari aspek ekonomi yaitu dengan menghitung *economic potential* untuk menentukan proses reaksi yang paling masuk akal berdasarkan biaya bahan baku, dan produk. Proses pembuatan isopropil alkohol ada beberapa macam berdasarkan literatur *Encyclopedia of Chemical Technology* (Logsdon and Ioke, 1996), yaitu proses hidrasi tidak langsung dan proses hidrasi langsung.

1.8.1 Proses hidrasi tidak langsung (*Indirect hydration*)

Isopropil alkohol dalam industri jumlah pertama diproduksi pada tahun 1920 di pabrik petrokimia pertama didunia, yang dimiliki oleh Standard Oil (Exxon), Company (Bayway, New Jersey). Hal ini diikuti pada tahun 1921, dengan dimulainya produksi isopropil alkohol di Clendenin, West Virginia, oleh Carbide and Carbon Chemicals (Union Carbide) Corporation.

Proses produksi cara ini biasanya disebut dengan proses Esterifikasi – Hidrolisa atau metode asam sulfat, dimana didalam proses ini melibatkan reaksi antara propilen dengan asam sulfat. Proses hidrasi tidak langsung ini adalah suatu proses yang didasarkan pada reaksi dua tahap. Pada tahap pertama, percampuran sulfat ester, isopropil hidrogen sulfat dan diisopropil sulfat. Pada tahap selanjutnya, bentuk ini kemudian di hidrolisa membentuk alkohol dan asam sulfat.

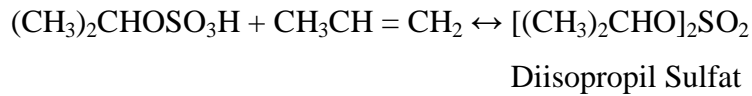
1. Tahap pertama:

Pembentukan Isopropil Hidrogen Sulfat

Reaksi:



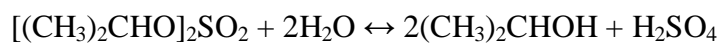
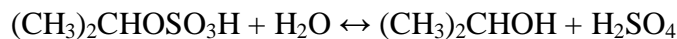
Propilen Asam sulfat Isopropil Hidrogen sulfat



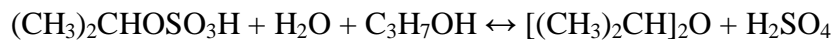
2. Tahap Kedua:

Hidrolisa Sulfat membentuk Isopropil Alkohol

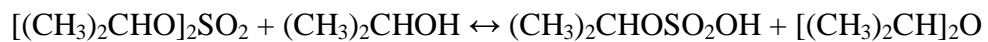
Reaksi:



Reaksi Samping:



Diisopropil eter



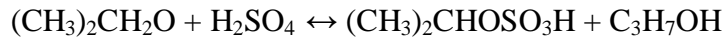
Isopropil Hidrogen Sulfat

Pada proses hidrasi tidak langsung Propilen cair direaksikan dengan asam sulfat didalam suatu reaktor berpengaduk pada tekanan medium (300 – 400Psig) yang kemudian akan terbentuk “Ester Isopropil Sulfat”. Konversi ini dipertahankan dalam keadaan cair pada temperatur berkisar antara 20 – 70°C. Pada proses hidrasi tak langsung konsentrasi propilen yang rendah (\pm 50%) masih diizinkan. Akan tetapi pada konsentrasi 65% berat atau lebih akan diperoleh hasil alkohol yang lebih tinggi.

Didalam proses metode asam kuat dua step, reaksi berlangsung pada konsentrasi asam sulfat yang tinggi dan tekanan antara 130-160Psig serta temperatur rendah yaitu antara 20-30°C. Sulfat ester yang terbentuk pada reaksi tahap pertama kemudian di Hidrolisa dan dipisah dengan menggunakan “Stripper”. Dari stripper akan dihasilkan campuran isopropil alkohol, Isopropil eter dan air pada hasil atas, sedangkan hasil bawah berupa asam sulfat.

Produk atas kemudian dilewatkan pada scrubber yang mengandung NaOH yang berfungsi untuk penetralan dan selanjutnya dimurnikan pada dua menara distilasi. Produk atas pada menara distilasi yang pertama adalah diisopropil eter dan ini biasanya direcycle ke reaktor untuk menambah produk alkohol.

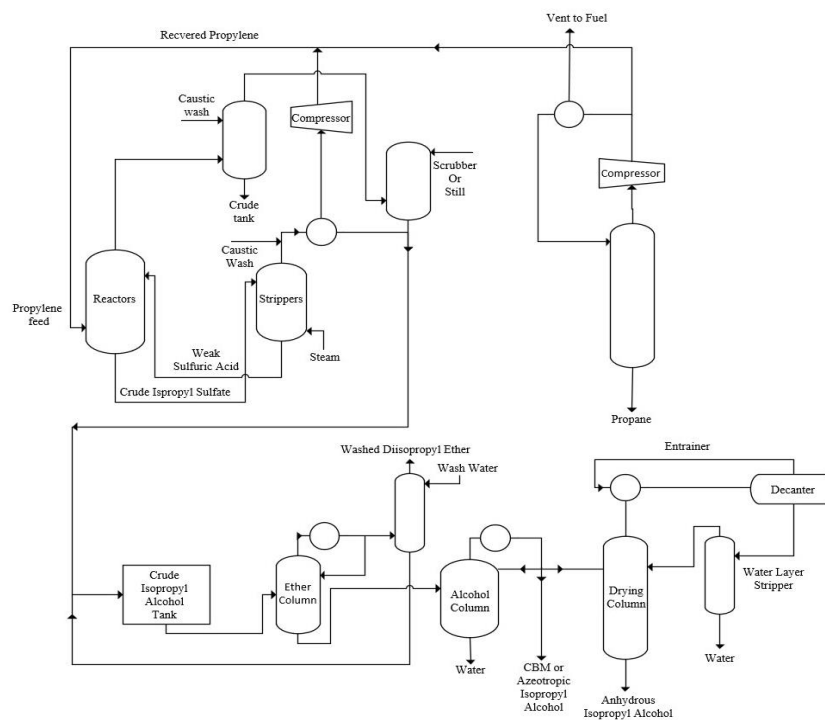
Reaksi:



Sedangkan isopropil alkoholnya sendiri diambil dari produk atas menara distilasi yang kedua dengan konsentrasi 91%. Dengan memakai metode ini konversi propilen berubah menjadi alkohol 93% berat propilen.

Produk dasar dari menara stripper yang berupa asam sulfat selanjutnya dialirkan ke unit pemekatan, kemudian direcycle ke reaktor. Alkohol dengan konsentrasi 91% volume ini langsung diperdagangkan atau didehidrasi dengan menggunakan “Extractive Distillation” yang akan menghasilkan produk Alkohol Anhydrous.

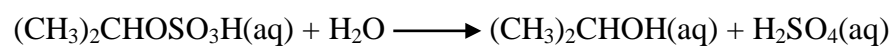
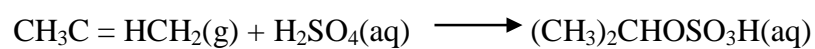
Proses Hidrasi Tidak Langsung Pembuatan Isopropil Alkohol



Gambar 1.3 Proses Hidrasi Tidak Langsung

(Sumber: Kirk Orthmer, 1997).

Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Apabila H₂SO₄ pada reaksi kedua bisa dijual kembali

Nilai *economic potential* yang diperoleh dari reaksi ini adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} PE &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= (48 \cdot 36.129 - (42 \cdot 19.989 + 18 \cdot 2.000)) \\ &= (1.734.192) - (839.538 + 36.000) \\ &= 858.654 \text{ kgmol} \end{aligned}$$

Apabila H₂SO₄ pada reaksi kedua tidak bisa dijual kembali

$$\begin{aligned} PE &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= (48 \cdot 36.129 - (42 \cdot 19.989 + 18 \cdot 2.000 + 98 \cdot 23.000)) \\ &= (1.734.192) - (839.538 + 36.000 + 2.254.000) \\ &= \text{Rp} - 1.395.346 \text{ kg/mol} \end{aligned}$$

1.8.2. Proses hidrasi langsung (*direct hydration*).

Hidrasi langsung propilena yang dikatalisis asam bersifat eksotermik dan menyerupai persiapan etil alkohol dari etilen (qv).



Keseimbangan dapat dikontrol untuk mendukung alkohol produk jika tekanan tinggi dan suhu rendah diterapkan. Namun, keuntungan dari suhu rendah sulit untuk dimanfaatkan, karena sebagian besar katalis yang dikenal memerlukan suhu tinggi atau sedang agar efektif.

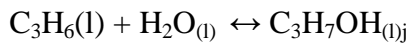
Proses hidrasi langsung ada tiga proses dasar dalam operasi komersial:

1. Hidrasi fase uap di atas katalis unggun tetap dari asam fosfat yang didukung (Veba-Chemie) (68-71), atau tungsten oksida yang didukung silika dengan promotor zink oksida (ICI) (66,67,72);
2. Uap campuran—hidrasi fase cair pada suhu rendah (150°C) dan tekanan tinggi (10,13 MPa (100 atm)) menggunakan katalis resin penukar kation yang sangat asam (Deutsche Texaco AG) (73—77); dan
3. Hidrasi fase cair pada suhu tinggi (270°C) dan tekanan tinggi (20,3 MPa (200 atm)) dengan adanya katalis tungsten terlarut (Tokuyama Soda) (78-80).

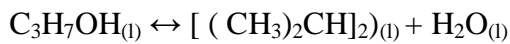
Perbedaan utama antara proses langsung dan tidak langsung adalah banyaknya tekanan yang dibutuhkannya untuk bereaksi propilena dengan air. Produk dan produk sampingan juga serupa, dan sistem pemurnian pada dasarnya

sama. Dalam beberapa kondisi, tekanan *high* dari proses langsung dapat meningkatkan produksi polimer propilena. Proses hidrasi langsung pembuatan isopropyl alcohol dilakukan dengan mereaksikan propilen dan air secara umum dasar reaksi pembentukan isopropil alkohol sebagai berikut:

Reaksi utama:



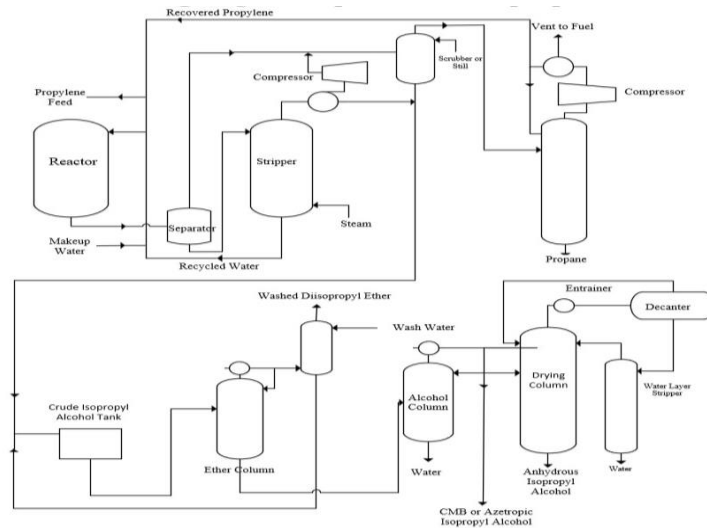
Reaksi samping :



$$\begin{aligned} PE &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= (60 * 36.129 - (42 * 19.989 + 18 * 0 + 98 * 23.000)) \\ &= (2.167.740) - (839.538 + 0 + 2.254.000) \\ &= Rp -925.798 \text{ kgmol} \end{aligned}$$

Proses hidrasi langsung untuk pembuatan isopropil alkohol dapat dilihat pada Gambar 1.4 dibawah ini :

Proses Hidrasi Langsung Pembuatan Isopropil Alkohol



Gambar 1.4 Proses Hidrasi Langsung Pembuatan Isopropil Alkohol

(Sumber: Kirk Orthmer, 1997).

Nilai *economic potential* yang diperoleh dari reaksi diatas adalah sebagai berikut:

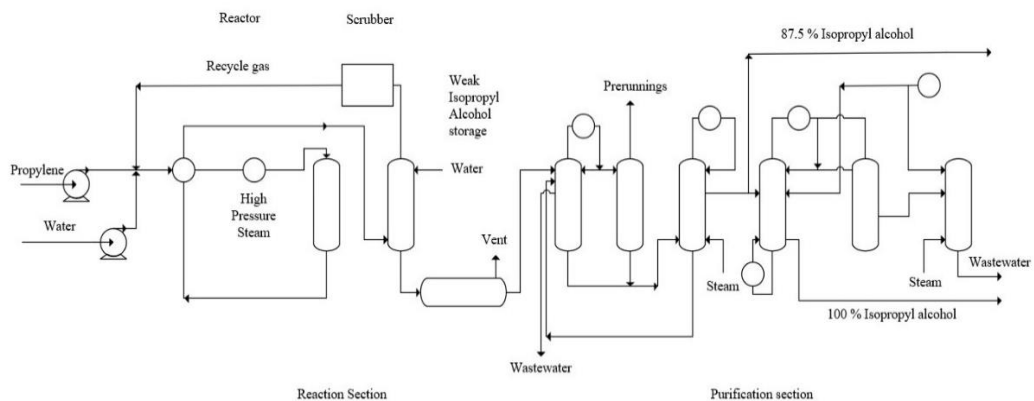
$$\begin{aligned} PE &= \text{Produk} - \text{Reaktan} \\ &= (60 * 36.129) - (42 * 19.989 + 18 * 0) \end{aligned}$$

= Rp 1.328.202 kg/mol

a. Proses hidrasi langsung fase gas

Produksi Isopropil Alkohol dengan menggunakan proses Hidrasi Katalis langsung, mulai diperkenalkan pada permulaan tahun 1951 oleh ICI. Katalis yang digunakan pada proses ini adalah $\text{WO}_3 - \text{ZnO}$ sebagai zat penyokong SiO_2 . Proses terjadi pada temperatur dan tekanan yang tinggi yaitu pada $230^\circ\text{C} - 290^\circ\text{C}$ dan 200 – 250 atm. Pada tahun yang sama juga diperkenalkan oleh “Veba – Chemie” suatu proses lain dalam memproduksi isopropil alkohol. Pada proses Veba Chemie ini propylene – air diuapkan kemudian dilewatkan pada suatu bed katalis asam yaitu H_3PO_4 dengan bahan penyokongnya adalah SiO_2 . Kondisi operasi pada reaksi ini yaitu pada temperature $240 - 260^\circ\text{C}$ dan tekanan 25 – 65 atm. Aliran gas dari reaktor kemudian didinginkan dan produk isopropil alkohol dipisahkan dengan menggunakan Scrubber. Untuk proses fase uap ini selektivitas isopropil alkohol mendekati 100 % dan jumlah propilen yang tidak bereaksi jumlahnya sangat rendah (4–5%) yang kemudian di recycle. Oleh karena menggunakan kondisi operasi pada tekanan serta temperatur yang tinggi dan adanya recycle gas ke reaktor maka pada proses ini diperlukan bahan dasar dengan kemurnian yang tinggi dengan demikian maka biaya operasinya juga tinggi.

Proses Hidrasi Langsung Fase Gas

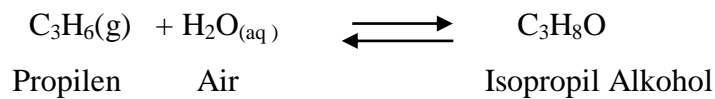


Gambar 1.5 Proses hidrasi langsung proses gas

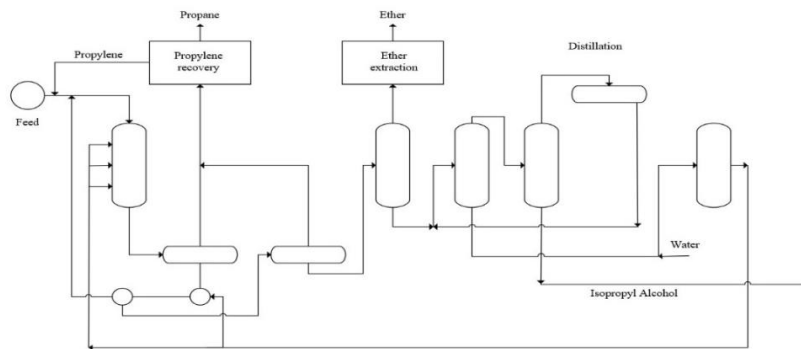
(Sumber: Kirk Orthmer, 1997).

b. Proses hidrasi langsung fase cair gas

Untuk menghindari kerugian serta untuk menekan adanya biaya operasi yang tinggi maka oleh “Deutsche – Texco“ dikembangkan suatu program “Trickle – Bed“. Di dalam proses ini air dan gas propilen dalam perbandingan molar antara 12 – 15 berbanding 1 dimasukkan dalam suatu reaktor Fixed bed lewat bagian atas yang kemudian akan mengalir sedikit demi sedikit (Trickle) ke bawah melalui Resin Ion Exchange yang terdapat didalam reaktor. Reaksi yang terjadi antara fase cair dan fase gas berlangsung antara temperatur 130 – 160°C dan tekanan 60 – 100 atm. Selektivitas isopropil alkohol pada proses semacam ini berkisar antara 98%.



Proses Hidrasi Langsung Fase Cair Gas



Gambar 1.6 Proses hidrasi langsung proses cair gas
(Sumber: Kirk Orthmer, 1997).

c. Proses hidrasi langsung fase cair

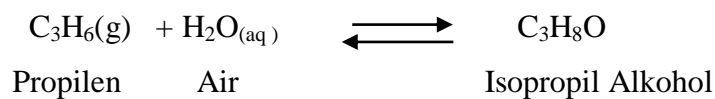
Proses Hidrasi dalam Phase cair dikembangkan oleh Takuyama – soda dengan menggunakan katalis cair asam lemah dari *silicotungstate*.

Propilena, air, dan larutan katalis berair daur ulang yang dipanaskan sebelumnya diberi tekanan dan dimasukkan ke dalam ruang reaksi di mana mereka bereaksi dalam keadaan cair pada suhu 270 °C dan 20,3 MPa (200 atm)

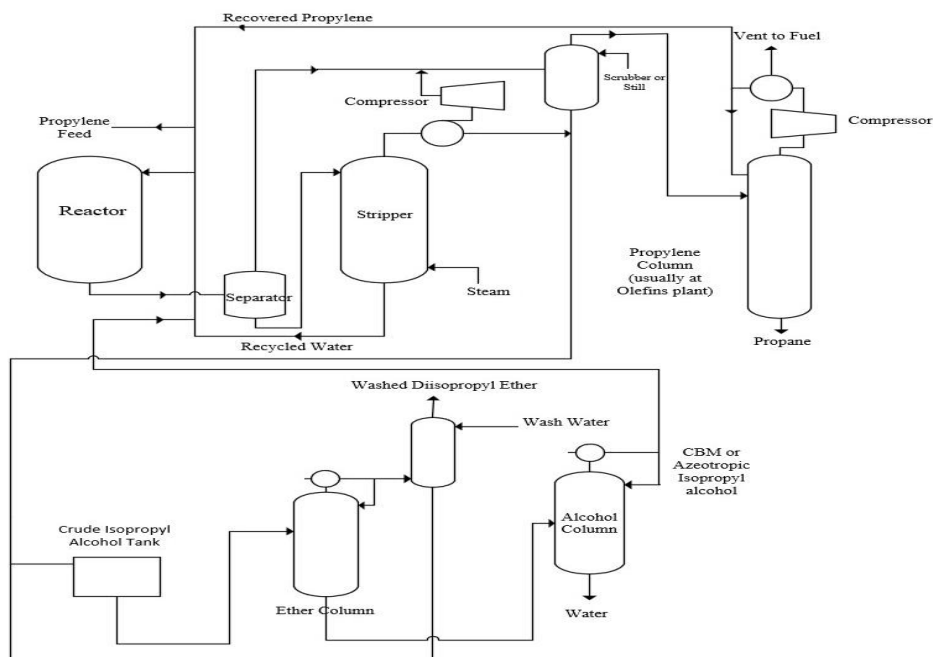
dan membentuk isopropil alkohol berair. Konversi propilen 60-70% per lintasan diperoleh, dan selektivitas terhadap alkohol isopropil adalah 98-99 mol% dari propilena yang dikonversi. Katalis didaur ulang dan membutuhkan pengisian litde dibandingkan dengan proses lainnya. Masalah korosi dan lingkungan juga diminimalkan karena katalisnya adalah asam lemah dan karena sistem benar-benar tertutup. Karena rasio daur ulang gas yang rendah, propilena komersial reguler dengan kemurnian 95% dapat digunakan sebagai bahan baku.

Setelah mem-*flash* propilena, larutan berair dari pemisah dikirim ke bagian pemurnian di mana katalis dipisahkan oleh distilasi azeotropik; 88 wt % isopropil alkohol diperoleh di atas kepala. Bagian bawah yang mengandung larutan katalis berair didaur ulang ke reaktor, dan ujung cahayanya dilucuti dari kotoran mendidih rendah, misalnya, diisopropil eter dan aseton. Distilasi azeotropik menghasilkan alkohol isopropil kering, dan kolom distilasi akhir menghasilkan produk dengan kemurnian lebih dari 99,99%.

Reaksi yang terjadi pada pembentukan isopropil alkohol dari propilen dan air adalah sebagai berikut:



Proses Hidrasi Langsung Fase Cair



Gambar 1.7 Proses Hidrasi langsung proses cair

(Sumber: Kirk Orthmer, 1997).

1.9 Perbandingan Proses

Didalam pemilihan proses perlu dibandingkan antara proses berdasarkan aspek teknik dan ekonomi. Berikut adalah tabel perbandingan proses antara hidrasi tidak langsung dan hidrasi langsung (fase gas, fase cair-gas, serta fase cair). Dapat dilihat dalam Tabel 1.4.

Tabel 1.4 Perbandingan Proses Pembuatan Isopropil Alkohol

No	Proses Perbandingan	Hidrasi Tidak Langsung	Hidrasi Langsung		
			Fase Gas	Fase Cair-Gas	Fase Cair
1.	Kelebihan	- Suhu dan tekanan operasi lebih rendah dibandingkan proses hidrasi langsung.	-Selektifitas tinggi -konversi tinggi. - masalah korosi dan lingkungan dan dapat dikurangi karena menggunakan katalis asam lemah.	-Selektifitas tinggi -konversi tinggi. - masalah korosi dan lingkungan dan dapat dikurangi karena tidak menggunakan katalis asam	-Selektifitas tinggi -konversi tinggi. - masalah korosi dan lingkungan dan dapat dikurangi karena tidak menggunakan katalis asam
2.	Kekurangan	-Masalah korosi tinggi karena menggunakan asam kuat (H_2SO_4). - Membutuhkan penanganan khusus terhadap limbah asam kuat.	Membutuhkan biaya operasional tinggi karena menggunakan alat yang bertekanan tinggi.	Membutuhkan biaya operasi yang tinggi karena menggunakan alat yang tahan terhadap tekanan yang sangat tinggi	Membutuhkan Biaya operasi yang tinggi karena menggunakan alat yang tahan terhadap tekanan yang sangat tinggi
3.	Katalis	H_2SO_4	$WO_3 - Zn$	Ion exchange resin	Asam Lemah

4.	Suhu	60-65 C	230 -290 C	130 – 160 C	270 C
5.	Tekanan	2,5 MPa	20,3 – 25,3 MPa	8-10 MPa	20,3 MPa
6.	Reaktor	RATB	Fixed bed	Trickle bed	RAP
7.	Kemurnian bahan baku propilen (% wt)	65%	92%	99%	95%
8.	Konversi	93%	5-6%	>75%	60-70%
9.	Selektivitas	98%	96%	99%	93%
10.	By Produk	-	DIPE	-	DIPE
11.	PE	Rp -1.395.346 kgmol	Rp 1.328.202 kgmol	Rp 1.328.202 kgmol	Rp 1.328.202 kgmol

Berdasarkan perbandingan proses yang dipilih pada prarancangan pabrik pembuatan isopropil alkohol dari propilen dan air adalah proses hidrasi langsung fase cair-gas. Kelebihan proses ini, antara lain selektivitas tinggi, konversi tinggi, dan kemurnian bahan baku tinggi, beroperasi pada kondisi suhu dan tekanan tidak terlalu tinggi dan masalah korosi dan lingkungan dapat dikurangi. Diskripsi proses pembuatan isopropil alkohol dari propilen dan air dapat dilihat dalam tinjauan pustaka

(Logsdon and Loke, 1996).

1.10 Perhitungan Ekonomi Awal

Berikut data perhitungan ekonomi awal industri metanol dapat dilihat pada tabel 1.4 sebagai berikut:

Tabel 1.5 Harga Bahan Baku dan Produk Proses Hidrasi Langsung

No	Bahan Baku dan Produk	Berat Molekul (g/mol)	Harga (Rp/kg)
1.	Propilen	42,06	17.989
2.	Air	18,01	5.200
3.	Isopropil Alkohol	60	25.000

(Sumber : Badan Pusat Statistik, 2024).

Untuk menghitung kebutuhan bahan baku dan produk maka harus dikonversi terlebih dahulu

Bahan Baku

a. Propilen (C_3H_6)

$$= 1 \text{ mol}$$

$$= 1 \text{ mol} \times 42,06 \text{ gr/mol}$$

$$= 42,06 \text{ gr}$$

$$= 0,04206 \text{ kg}$$

$$= 0,04206 \text{ kg} \times \text{Rp. } 17.989$$

$$= \text{Rp. } 756,61734/\text{kg}$$

b. Air (H_2O)

$$= 1 \text{ mol}$$

$$= 1 \text{ mol} \times 18,01 \text{ gr/mol}$$

$$= 18,01 \text{ gr}$$

$$= 0,01801 \text{ kg}$$

$$= 0,01801 \text{ kg} \times \text{Rp. } 5.200$$

$$= \text{Rp. } 93,652/\text{kg}$$

Total Harga Bahan Baku

$$= \text{Rp. } 756,61734 + \text{Rp. } 93,652$$

$$= \text{Rp. } 850,2693$$

Produk

c. Isopropil Alkohol (C_3H_7OH)

$$= 1 \text{ mol}$$

$$= 1 \text{ mol} \times 60 \text{ gr/mol}$$

$$= 60 \text{ gr}$$

$$= 0,06 \text{ kg}$$

$$= 0,06 \text{ kg} \times \text{Rp. } 25.000$$

$$= \text{Rp. } 1.500$$

Analisa Ekonomi

$$= \text{Harga Produk} - \text{Harga Bahan Baku}$$

$$= \text{Rp. } 1.500 - \text{Rp. } 850,2693$$

$$= \text{Rp. } 649,7307$$