



## Perancangan Pabrik Acrylic Acid dengan Proses Oxidation Propylene Kapasitas 34.000 Ton/Tahun

### *Pre Design Of Acrylic Acid Factory With Propylene Oxidation Process With Capacity Of 34,000 Tons/Year*

<sup>1</sup>Diah Mentari, <sup>2</sup>Azhari, <sup>3</sup>Dina Rosdiana

<sup>1</sup>Sarjana Teknik Kimia Universitas Serang Raya (UNSERA), Serang

<sup>2</sup>Departemen Teknik Industri Universitas Al- Khairiyah (UNIVAL), Cilegon

<sup>3</sup>Departemen Teknik Industri Universitas Al- Khairiyah (UNIVAL), Cilegon

\*E-mail: dinarosdiana.marhas@gmail.com

#### ABSTRAK

Propylene merupakan salah satu bahan baku utama pada industri asam akrilat, sehingga seiring dengan perkembangan industri tersebut, terjadi pula peningkatan bahan baku dan bahan pendukung. Pendirian pabrik asam akrilat merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan pabrik kimia yang digunakan sebagai bahan baku. Pendirian pabrik asam akrilat merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan pabrik kimia yang digunakan sebagai bahan baku. Selain itu juga untuk mengurangi impor asam akrilat terutama digunakan sebagai bahan baku pembuatan metil akrilat, ester akrilat, dan sebagai monomer asam poliakrilat. Dari ke- 3 proses pembuatan pabrik asam akrilat: Proses Etilen Sianohidrin; Proses Keton dan Proses Oksidasi Propilen. maka dipilihlah proses pembuatan asam akrilat dengan Proses Oksidasi Propilen (*Propylene Oxidation Route*). Berdasarkan perhitungan Analisa ekonomi : *Percent Profit On Sales, ROI, Pay Out Time, BEP, Discount Cash Flow*, maka perancangan pabrik dapat dilanjutkan.

**Kata Kunci :** Propylene, Rancangan Pabrik, Acrylic Acid

#### ABSTRACT

*Propylene is one of the main raw materials in the acrylic acid industry, so along with the development of the industry, there has also been an increase in raw materials and supporting materials. The establishment of an acrylic acid factory is one of the efforts to meet the needs of chemical factories that are used as raw materials. The establishment of an acrylic acid factory is one of the efforts to meet the needs of chemical factories that are used as raw materials. In addition, to reduce imports of acrylic acid, it is mainly used as a raw material for making methyl acrylate, acrylic esters, and as a monomer for polyacrylic acid. From the 3 processes of acrylic acid manufacturing plant: Ethylene Cyanohydrin Process; The Ketone Process and the Propylene Oxidation Process. then the process of making acrylic acid was chosen with the Propylene Oxidation Route. Based on the calculation of economic analysis: Percent Profit On Sales, ROI, Pay Out Time, BEP, Discount Cash Flow, the factory design can be continued*

**Keywords:** Propylene, Factory Design, Acrylic Acid

## I. PENDAHULUAN

### I.1 Latar Belakang

Perkembangan industri sebagai bagian usaha pembangunan ekonomi jangka panjang diarahkan sebagai pembentuk struktur ekonomi yang lebih kokoh dan seimbang. Industri kimia di Indonesia pada saat ini sedang dalam mengalami masa pembangunan, salah satunya adalah industri asam akrilat.

Propylene merupakan salah satu bahan baku utama pada industri asam akrilat, sehingga seiring dengan perkembangan industri tersebut, terjadi pula peningkatan bahan baku dan bahan pendukung. Pendirian pabrik asam akrilat merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan pabrik kimia yang digunakan sebagai bahan baku. Selain itu juga untuk mengurangi impor asam akrilat terutama digunakan sebagai bahan baku pembuatan metil akrilat, ester akrilat, dan sebagai monomer asam poliakrilat. Asam akrilat merupakan bahan dasar pembuat polimer, dari bentuk sederhana asam karboksilat tak jenuh. Asam akrilat memiliki nama IUPAC propeonic acid dan rumus kimia ( $\text{CH}_2\text{CHCO}_2\text{H}$ ). Dimana Asam akrilat berupa cairan yang tidak berwarna dan memiliki bau tajam yang khas.

Berdasarkan data yang diperoleh dari Biro Pusat Statistik (BPS) diketahui

bahwa kebutuhan asam akrilat di Indonesia cenderung mengalami fluktuasi setiap tahunnya karena konsumsi acrylic acid masih kecil di Asia Tenggara dan Indonesia, akan tetapi akan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya kebutuhan untuk produk hygiene untuk pampers dan pembalut wanita, semakin meningkatnya perkembangan industri kimia di Indonesia, maka diperkirakan permintaan bahan baku asam akrilat pada tahun – tahun mendatang juga akan meningkat.

Adanya pertimbangan-pertimbangan tersebut mendorong pendirian pabrik Asam akrilat di Indonesia dengan alasan sebagai berikut:

- a. Pendirian pabrik Asam akrilat dapat memenuhi kekurangan kebutuhan Asam akrilat di Indonesia.
- b. Membuka lapangan pekerjaan baru, sehingga mengurangi pengangguran.
- c. Pengembangan industri kimia yang menggunakan Asam akrilat sebagai bahan baku maupun bahan penunjang.
- d. Menghemat devisa negara karena mengurangi beban impor dan menambah devisa negara karena dapat mengekspor asam akrilat.

Berikut data impor asam akrilat dari tahun 2012 – 2017 :

Tabel 1.1 Data Impor Asam Akrilat di Indonesia

Kode HS	No	Tahun	Impor (Ton/Tahun)
29161200	1	2012	27.342
	2	2013	29.964,004
	3	2014	27.465,272
	4	2015	29.487,516
	5	2016	34.227,554
	6	2017	29.742

(<https://www.bps.go.id/>)

Untuk mendapatkan persamaan yang digunakan dalam menentukan kebutuhan asam akrilat di Indonesia maka digunakan metode menggunakan metode Least Square Time, (Timmerhaus 4<sup>th</sup>, 1991). Berikut data perhitungan metode least square yang disajikan dalam sebuah tabel:

Tabel 1.2 Least Square Impor

Tahun	n	Periode (x)	Impor (ton/tahun) (y)	x <sup>2</sup>	Xy
2012	1	-5	27.363	25	-136.815,35
2013	2	-3	29.964,004	9	-89.892,012
2014	3	-1	27.465,272	1	-27.465,272
2015	4	1	29.487,516	1	29.487,516
2016	5	3	34.227,554	9	102.682,66
2017	6	5	29.742	25	148.707,95
Jumlah	21	0	178.249,01	70	26.705,494

Kapasitas produksi ditentukan dari perhitungan sebagai berikut :

Maka menggunakan rumus persamaan Least Square :  $Y = a + bX$

Dimana,

$Y =$  Kapasitas (Ton)

$a = 29.708,1677$

$b = 381,5071$

Sehingga diperoleh persamaan metode least square :

$Y = a + bx$

$Y = 29.708,1677 + (381,5071) x$

Dari persamaan  $Y = 29.708,1677 + (381,5071) x$ , maka dapat dihitung perkiraan kebutuhan Asam Akrilat di Indonesia tahun 2021 dengan  $X = 13$

adalah sebagai berikut :

$Y = a + b x$

$Y = 29.708,1677 + (381,5071) x$

$Y = 29.708,1677 + (381,5071) (13)$

$Y = 34.668$  Ton/ Tahun

Dari data import tersebut, laju impor mengalami peningkatan dan penurunan setiap tahunnya. Maka dari itu, demi terwujudnya pembangunan industri nasional yang mandiri, perlu didirikan perusahaan penghasil industry kimia berupa

asam akrilat direncanakan akan mulai beroperasi pada tahun 2021. Berdasarkan data dari perhitungan diatas, pabrik Asam Akrilat direncanakan memiliki kapasitas produksi sebesar 34.000 ton/tahun. Kapasitas tersebut bertujuan mengurangi jumlah impor Asam Akrilat.

## I.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dari perancangan pabrik asam akrilat dengan kapasitas 34.000 ton/tahun adalah :

1. Bagaimana kemampuan kapasitas pabrik Asam Akrilat yang akan didirikan untuk memenuhi kebutuhan impor dan ekspor?
2. Bagaimana teknologi pembuatan Asam Akrilat dengan menggunakan bahan baku propylene dan oksigen?
3. Bagaimana kebutuhan akan utilitas dari pendirian pabrik asam akrilat yang menggunakan proses oxidation propylene?
4. Bagaimana kelayakan nilai ekonomi dari pendirian pabrik asam akrilat yang memiliki kapasitas 34.000 ton/tahun?

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Dasar Bahan Baku dan Produk

Pada perancangan pabrik asam akrilat digunakan beberapa senyawa yaitu, propylene ( $C_3H_6$ ) sebagai bahan baku utama, Oksigen ( $O_2$ ), Air ( $H_2O$ ) dan katalis Molybdenum (Mo) dan katalis

Mollybdenum Vanadium (MoVa), sebagai bahan penunjang, asam akrilat ( $C_3H_4O_2$ ) sebagai produk akhir, dan produk samping yaitu air ( $H_2O$ ).

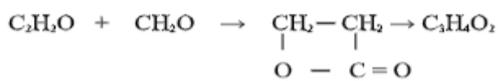
### 2.4 Perbandingan Teknologi

#### ➤ Ethylene Cyanohidrin Route (Proses Etilen Sianohidrin)

Pemanasan etilena cyanohidrin dengan asam sulfat dan air dengan produk samping Ammonium Sulfat dari asam sulfat. Dalam proses pembuatan asam akrilat langkah-langkah yang terdiri dari penambahan 80- 96% asam sulfat ke etilena cyanohidrin, pemanasan sampai konversi yang diinginkan telah diperoleh, dan kemudian mengisolasi asam akrilat dengan distilasi fraksional dari massa yang dikristalkan. Dalam proses untuk produksi asam akrilik, langkah yang terdiri dari bereaksi. Etilena cyanohidrin dengan asam sulf at dan dalam air, kehadiran hidrokuinon. Suatu proses, campuran yang didinginkan dan diaduk selama penambahan, menambahkan air ke campuran yang dihasilkan, pemanasan sampai reaksi dimulai, menghentikan masukan panas sampai evolusi panaseksotermik yang kuat telah reda, dan kemudian pemanasan maksaksi reaksi sampai reaksinya untuk produksi asam akrilat yang terdiri dari penambahan suatu campuran yang mengandung asam sulfat

pekat antioksidan dan etilena cyanohidrin secara substansial selesai. Suatu proses untuk produksi asam akrilat yang memperkuat penambahan pada campuran yang mengandung sekitar 2 bagian foil tembaga dan sekitar 71 bagian etilena cyanohidrin, sekitar 98 bagian asam sulfat pekat, campuran tersebut diaduk menggunakan reactor CSTR dan didinginkan selama penambahan asam sulfat pekat, menambahkan air ke campuran yang dihasilkan. Pemanasan sampai kira-kira 80°C, dan setelah reaksi yang kuat telah mereda, mempertahankan suhu pada kira-kira 95°C, selama sekitar 16 jam, dan selanjutnya memisahkan asam akrilat dengan ekstraksi dan distilasi fraksional. Proses ini sudah tidak digunakan kembali karna masalah pengolahan HCN dan limbah NH<sub>4</sub>HSO

Reaksi :



Untuk perhitungan potensial ekonomi (EP) dapat menggunakan persamaan:

$$EP = (\text{Nilai Produk}) - (\text{Harga Bahan Baku})$$

Tabel 2.1 Harga Bahan Baku dan Produk Ethylene Cyanohidrin Route

Bahan	Berat Molekul	\$/Kg
Etilen Oksida	44,05	0,971
Asam Sulfat	98	0,39
Asam Sianida	27,026	0,89
Asam Akrilat	72	2,05

(alibaba.com)

➤ **Ketone Route (Proses Keton)**

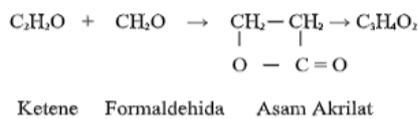
Pembuatan asam akrilat dilakukan dengan cara mereaksikan ketone dan Formaldehid menghasilkan β-propiolakton cair kemudian diaduk menggunakan reaktor RATB dengan suhu 180°C secara kontinyu di campur dengan massa cairan panas dari asam fosfat sementara uap asam akrilat diambil secara terus menerus penggunaan tekanan tereduksi juga menghasilkan konsentrasi asam akrilat yang lebih rendah dalam massa reaksi yang mengurangi kecenderungan material untuk berpolimerisasi. Agitasi menyeluruh dapat diperoleh, misalnya, dengan menggunakan pengaduk mekanis. Untuk memperoleh asam akrilik kemurnian tertinggi.

Untuk memperoleh asam akrilik yang diinginkan dengan kemurnian tertinggi, menggunakan propiolakton yang relatif murni dalam umpan.

Sebagai contoh, ketika propiolactone kemurnian 98% digunakan, produk

mengandung 96% atau lebih dari asam akrilat, tanpa pemurnian lebih lanjut. Namun, propiolactone tidak perlu memiliki kemurnian tinggi. Misalnya, propiolakton monomerik yang mengandung proporsi asam asetat, anhidrida asetat atau senyawa asetoksi lain, atau polimer propiolaktone dapat digunakan. Proses ini membutuhkan langkah yang banyak dan propiolactone bersifat karsinogen dan toksisita propiolactone menyebabkan kerugian besar.

Reaksi :



Untuk perhitungan potensial ekonomi (EP) dapat menggunakan

persamaan:

$$EP = (\text{Nilai Produk}) - (\text{Harga Bahan Baku})$$

Tabel 2.2 harga Bahan Baku dan Produk Ketone Route

Bahan	Berat Molekul	\$/Kg
<i>Ketone</i>	42	1,0
<i>Formaldehyde</i>	30	1,423
Asam fosfat	98	0,6
Asam Akrilat	72	2,05

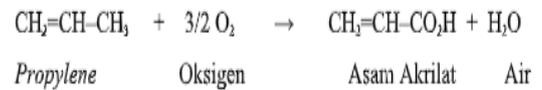
(alibaba.com)

$$EP = \{(72 \times 2,05) - (98 \times 0,6) - (42 \times 1,0) - (30 \times 10)\}$$

$$EP = 4,11 \text{ \$/kmo}$$

### ➤ Propylene Oxidation Route (Proses Oksidasi Propilen)

Proses reaksinya yaitu :



Udara di panaskan kemudian dialirkan menuju reaktor Bersama dengan gas propilen. Reaktor yang digunakan adalah jenis Reaktor Fixed Bed Multitube dengan katalis Molybdenum pada temperature 200-300 °C dengan tekanan 1 atm. Komposisi umpan yaitu 5 – 7 % propylene, 10 – 30 % steam, sisanya udara. Kemurnian produk asam akrilat adalah 99% dengan konversi 95%. (kirk Orthmer,1998)

Untuk perhitungan potensial ekonomi (EP) dapat menggunakan persamaan:

$$EP = (\text{Nilai Produk}) - (\text{Harga Bahan Baku})$$

Tabel 2.3 Harga Bahan Baku dan Produk Propylene Oxidation Route

Bahan	Berat Molekul	\$/Kg
Propilen	42,08	2
Asam Akrilat	72	2,05
Oksigen	32	0,108

(alibaba.com)

$$EP = \{(72 \times 2,05) - (42,08 \times 5) - (32 \times 0,108)\}$$

$$EP = 59,984 \text{ \$/kmo}$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Tabel 3.1 Pertimbangan Pemilihan Proses

No.	Pertimbangan	<i>Ethylene Cyanohidrin</i> <i>Route</i>	<i>Propylene Oxidation</i> <i>Route</i>	<i>Ketone Route</i>
1.	Produk	Asam Akrilat	Asam Akrilat	Asam Akrilat
2.	Bahan baku	<i>Ethylene Cyanohydrin</i> , Asam Sulfat, dan Air	Propilen, Oksigen, <i>Saturated Steam</i>	<i>Acetone</i> , Formaldehid, Asam fosfat, <i>Steam</i>
3.	Pembelian bahan baku	<i>Ethylene Cyanohydrin</i> diimpor dari Cina. Asam Sulfat dari pabrik setempat. Air dari pabrik setempat	Propilen diimpor dari Korea, Thailand, dan Singapura, juga dari pabrik setempat. Oksigen dapat menggunakan udara bebas atau dari pabrik setempat. Air dari pabrik setempat	Ketene diimpor dari Jepang, Hongkong, Korea. Formaldehid dari Jepang, Thailand, China, Malaysia. Asam fosfat diimpor dari Cina
4.	Katalis	-	Molybdenum	-
5.	Pengangkutan	Kapal dan Truk Tangki	Kapal dan Truk Tangki	Kapal dan Truk Tangki
6.	Penyimpanan	Tangki	Tangki	Tangki
7.	Reaktor	RATB	<i>Fixed Bed Multitube</i>	RATB
8.	Konversi	65%	95%	96 %
9.	Yield	60-70%	85-90%	-
10.	Purity	54%	99%	97%
11.	Temperature	80-95°C	200-300 °C	180 – 220 °C
12.	Tekanan	3 atm	1 atm	2 atm
13.	Fase	Cair dan Cair	Gas dan Gas	Cair dan Cair
14.	Potensial Ekonomi	42,55 \$/kmol	59,984 \$/kmol	4,11 \$/kmol
15.	Hasil Samping	NH <sub>4</sub> HSO <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O

Dari kesimpulan yang didapat melalui 3 proses pembuatan pabrik asam akrilat,

maka dipilihlah proses pembuatan asam akrilat dengan *Propylene Oxidation Route* berdasarkan pertimbangan berikut:

1. Bahan baku yang digunakan, yaitu propylene, Oksigen, dan air tersedia di Indonesia sehingga mengurangi impor bahan baku.
2. Komposisi yang terdapat dalam bahan baku cukup sederhana sehingga pengendalian proses relative murah, dibandingkan dengan menggunakan *ketone route* yang membutuhkan proses lebih banyak karna propiolactone tersebut bersifat *toxicity* dan karsinogen, dan proses *ethylene cyanohydrin route* yang membutuhkan proses lebih banyak untuk menangani masalah HCN (asam sianida).
3. Kemurnian asam akrilat yang dihasilkan lebih tinggi yaitu 99% dibandingkan dengan proses lain.
4. potensial ekonominya lebih besar disbanding proses yang lain yaitu harga produk di kurangi harga bahan baku yaitu 59,984 \$/kmol.
5. Hasil samping proses oksidasi propilen yang dihasilkan berupa air sehingga pengolahannya lebih mudah, dibandingkan proses *ethylene cyanohydrin route* yang menghasilkan limbah  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$  yang membutuhkan biaya lebih banyak untuk pengolahannya.

#### 4. Kesimpulan

Pemilihan judul pra-rancangan pabrik ini di dasari dari kebutuhan Asam akrilat di dalam negeri yang permintaan pasarnya dari tahun ke tahun cenderung mengalami fluktuasi yang ditunjukkan dari data BPS sehingga diperoleh 34.000 ton/tahun. Asam akrilat biasa digunakan sebagai bahan baku untuk ester akrilik – metil akrilat, etil akrilat, butil akrilat dan produk akhir lainnya. Penggunaan asam akrilat yang utama lainnya yaitu dalam pembuatan polyakrilat yang digunakan sebagai pengental, dispersan dan pengontrol reologi. Asam akrilat juga digunakan sebagai komonomer dengan akrilamida dalam poliakrilamida anionik dan menghasilkan hidroksiakrilat yang digunakan dalam formulasi industri coating. Dalam produksi ini menggunakan bahan baku propilen dan oksigen.

Keperluan utilitas di pabrik ini diantaranya adalah unit penyediaan air, unit pengadaan steam, unit pengadaan listrik. Kebutuhan air total sebanyak 499.196,619 kg/jam dengan Make-up sebanyak 20% dari total kebutuhan airpabrik, keperluan listrik adalah sebesar 266,98 kW.

Rencana pendirian pabrik ini berlokasi di daerah Kawasan Krakatau Industrial Estate Cilegon (KIEC), Kota Cilegon, Provinsi Banten dikarenakan dekat

dengan bahan baku dan tempat strategis untuk dapat memasarkan dan mendistribusikan asam akrilat ke pabrik-pabrik yang membutuhkan.

Dari hasil perhitungan analisa ekonomi maka hasil kelayakan ekonomi adalah sebagai berikut:

1. Berdasarkan dari nilai Percent Profit on Sales, maka keuntungan yang didapat terhadap harga jual produk sebelum pajak adalah 5% dan keuntungan yang didapat setelah pajak adalah 4%.

2. Percent Return on Investment sebelum pajak adalah 41,46% dan sesudah pajak adalah 33,17%

3. Dari nilai Pay Out Time/ waktu pengembalian modal sebelum pajak 2,021 tahun dan sesudah pajak 2,429 tahun, maka dapat disimpulkan pabrik layak berdiri karena batas waktu pengembalian modal agar pabrik menghasilkan keuntungan 2-5 tahun.

4. Nilai Break Even Point pabrik adalah 49,29% dengan kapasitas yang harus dicapai adalah 34.000 ton/tahun dengan harga jual US \$ 88.400.000.

Berdasarkan nilai tersebut pabrik layak didirikan karena pabrik dapat menghasilkan keuntungan dan mempunyai prospek yang baik.

5. Nilai Shut Down Point agar pabrik menghasilkan keuntungan 37,071% atau 12.604 ton/tahun dengan harga jual \$ 88.400.000, sehingga diperlukan minimal 37% pengoperasian dari kapasitas maksimal agar nilai cost dan sales sama sehingga apabila kurang dari itu pabrik akan merugi.
6. Discount Cash Flow keuntungan dari nilai investasi yang didapat pada waktu ekonomis pabrik selama 10 tahun adalah 22%. Dari nilai tersebut pabrik layak didirikan karena DCF melebihi nilai dari suku bunga bank sebesar 10-15%.

Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi diatas, maka pra-rancangan pabrik Acrylic Acid dari bahan baku propilen dan oksigen kapasitas 34.000 ton/tahun memungkinkan untuk dilanjutkan ke tahap rancang pabrik selanjutnya karena layak untuk didirikan.

### Daftar Pustaka

- Aries, R.S and Newton, R.D., 1955, Chemical Engineering Cost Estimation, New York, McGraw-Hill Book Company.
- Brown, Thane., 2006, Engineering Economics And Economic Design For Process Engineers, CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Brownell, Lloyd E., Edwin H. Young., 1959, Process Equipment Design, United States of America, John Willey & Sons, Inc.
- Coulson, J.M., and Richardson, J.F., 2005, An Introduction to Chemical Engineering Vol6, Oxford, Elsevier Butterworth – Heinemann
- Geankoplis, Christie, J., 1993, Transport Processes and Unit Operations, Third Edition, USA, Prentice-Hall International, Inc., 857-859
- Kern, Donald Q., 1950, Process Heat Transfer, Profesional Lecture in Chemical Engineering Case Institute of Technology, New York, McGraw Hill Book Company.
- Kirk, and Othmer, 1992, Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Vol.24, 4 thedition, A Wiley Interscience Publisher Inc, New York.
- Perry, R.H., Green, D., 1999, Perry's Chemical Engineers' Handbook, 7 th edition, USA, McGraw Hill Companies Inc.
- Peters, M.S. and Timmerhaus, K.D., 2003, Plant Design and Economics for Chemical Engineers, 3 rd ed., Singapore, McGraw-Hill International Book Company.
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., Abbott, M.M., 2005, Introduction To Chemical Engineering Thermodynamics, Seventh Edition, New York, McGraw-Hill Companies, Inc., 684-687
- Towler, G., Sinnott, R., 2006, Chemical Engineering Design, San Diego.
- Ullman, 2002. Encyclopedia of Industrial Chemistry, Sixth Edition, Germany : Willey-VCH.
- Wallas, S.M., 1990, Chemical Process Equipment (Selection and Design), United State of America, Butterworths – Heinemann.
- Yaws, Carl., 1999, Chemical Properties Handbook, New York, McGraw-Hill Companies, Inc, 56-772

Badan Pusat Statistik, 2016, [Online]  
(<https://bps.go.id>, diakses pada 21  
Juli 2018)

Pukul 21:22 WIB

Dow Chemical, 1997. DOWTHERM A,  
Heat Transfer Fluid. The Dow  
Chemical Company. [Online]  
(<http://www.dow.com/heattrans>  
diakses pada 13 Agustus 2018)

ICIS, 2017, (<https://www.icis.com> diakses  
pada 13 Februari 2019) Pukul 08.00  
WIB West Virginia University.  
2001. Production of Acrolein.  
(<https://www.wvu.edu/> diakses  
pada 11 Desember 2018).