



## PRARANCANGAN PABRIK ASETON DARI ISOPROPIL ALKOHOL MENGUNAKAN PROSES DEHIDROGENASI DENGAN KAPASITAS 35.000 TON/TAHUN

Mutiara Rengganis Nurul Putri Azhari<sup>1</sup>, Helgananta Adirya Sabian<sup>1</sup>, Randu Agung Prasetyo<sup>1</sup>, Ditta Kharisma Yolanda Putri<sup>1</sup>, Helda Wika Amini<sup>1</sup>, Bekti Palupi<sup>1</sup>, Boy Arief Fachri<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan No. 37, Jember

\*Corresponding Author: mutiararengganis45@gmail.com

### Abstrak

*Aseton adalah salah satu senyawa kimia organik yang memiliki banyak aplikasi dalam industri cat, plastik, kosmetik, dan farmasi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, impor aseton Indonesia pada tahun 2022 mencapai 24.816 ton dengan nilai sekitar US\$ 21,9 juta (Badan Pusat Statistik, 2023a). Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia sangat bergantung pada impor aseton dari negara lain seperti Jepang, Singapura, Amerika Serikat, Belanda, Inggris, Jerman, dan Taiwan. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk membangun pabrik produksi aseton dalam negeri. Pabrik aseton yang memiliki kapasitas produksi 35000 ton/tahun dan akan berdiri pada tahun 2028 di Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE), Jawa Timur. Pabrik beroperasi kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun. Bahan baku yang digunakan adalah senyawa isopropil alkohol dengan kemurnian 99% dan katalis ZnO. Produk utama yang dihasilkan adalah aseton dengan kemurnian 99% dan untuk produk samping berupa gas hidrogen. Proses yang digunakan adalah dehidrogenasi yang mempunyai tiga tahapan yakni persiapan bahan baku, reaksi dengan kondisi operasi 2 atm pada suhu 350°C, dan pemurnian aseton. Evaluasi ekonomi diperoleh waktu pengembalian modal selama 1,441 tahun dan BEP sebesar 41,44%.*

*Kata kunci: aseton, dehidrogenasi, isopropil alkohol, ZnO.*

### 1. Pendahuluan

Dalam perekonomian Indonesia, sektor industri pengolahan memiliki peran penting, hal itu dikarenakan pada tahun 2022 industri pengolahan berkontribusi sebesar 18,34% terhadap ekonomi nasional dan mengalami peningkatan sebesar 4,89% (Badan Pusat Statistik, 2023b). Beberapa industri memiliki peran penting salah satunya industri kimia. Industri kimia adalah industri yang memproduksi zat-zat kimia untuk keperluan bahan baku industri lain maupun bahan jadi untuk beberapa keperluan seperti pertanian, kesehatan, energi, manufaktur, dan lain-lain. Pada tahun 2022, nilai ekspor bahan kimia mencapai US\$ 22,216 miliar atau sekitar 7,6% dari total nilai ekspor Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2023b). Industri kimia juga menyerap banyak tenaga kerja. Pada tahun 2022, sektor industri bahan kimia dan barang dari bahan kimia menyerap sekitar 381.164 tenaga kerja (Kementerian Perindustrian, 2023).

Salah satu bahan kimia yang tingkat impornya tinggi yaitu aseton. Aseton adalah salah satu senyawa kimia organik yang memiliki banyak aplikasi dalam industri cat, plastik, kosmetik, dan farmasi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik, impor aseton Indonesia pada tahun 2022 mencapai 24.816 ton dengan nilai sekitar US\$ 21,9 juta (Badan Pusat Statistik, 2023a). Hal ini menunjukkan bahwa Indonesia sangat bergantung pada impor aseton dari negara lain seperti Jepang, Singapura, Amerika Serikat, Belanda, Inggris, Jerman, dan Taiwan. Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk membangun pabrik produksi aseton dalam negeri.

Kapasitas produksi suatu pabrik dapat ditentukan dengan mengetahui nilai produksi, konsumsi, ekspor dan impor pasar setiap tahunnya. Selain itu, diperlukan estimasi nilai edar produk pada tahun berdirinya pabrik serta persentase pertumbuhan rata-rata tahunan. Dikarenakan Indonesia tidak



memiliki pabrik aseton, oleh karena itu untuk menentukan kapasitas pabrik menggunakan data kenaikan impor Aseton.

**Tabel 1** Kebutuhan Impor Aseton di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)	Pertumbuhan (%)
1	2018	22.351	0
2	2019	21.729	-0,028
3	2020	16.745	-0,229
4	2021	19.988	0,194
5	2022	24.816	0,242
Pertumbuhan Rata-rata			<b>0,045</b>

Perhitungan kapasitas pabrik aseton dapat dituliskan dalam perumusan pada Persamaan 1.1 berikut:

$$M_5 = P(1 + i)^n$$

$$M_5 = 24816(1 + 0,045)^6 \quad (1)$$

$$M_5 = 32.224,9193 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan:

M = Jumlah produk pada tahun 2028  
P = Data impor pada tahun 2022  
i = Rata-rata kenaikan impor tiap tahun  
n = Selisih tahun pabrik akan berdiri

Dikarenakan Indonesia belum memiliki pabrik aseton maka nilai ekspor akan dianggap 0, maka kapasitas pabrik aseton pada tahun 2028:

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2) \quad (2)$$

$$M_3 = (0 + 32.224,9193) - (0 - 0)$$

$$M_3 = 32.224,9193 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan:

$m_1$  : Nilai impor  
 $m_2$  : Produksi pabrik di dalam negeri  
 $m_3$  : Kapasitas pabrik baru  
 $m_4$  : Jumlah ekspor  
 $m_5$  : Konsumsi dalam negeri

Berdasarkan hasil perhitungan, kapasitas pabrik aseton dipilih sebesar 35000 ton/tahun, pemilihan kapasitas tersebut karena kapasitas pabrik tidak melebihi dari kapasitas rata-rata pabrik aseton di dunia.

## 2. Deskripsi Proses

Aseton dapat diproduksi dengan menggunakan beberapa proses. Proses yang digunakan sebagai berikut:

Pada perancangan pabrik, pemilihan proses mempengaruhi hasil dan keuntungan pabrik. Menurut Tabel 2.1, proses dehidrogenasi isopropanol dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan, yaitu:

1. Aseton merupakan hasil utama dari proses ini
2. Pengontrolan suhu pada reaktor lebih mudah dilakukan
3. Konversi isopropanol yang tinggi

Katalis yang dipilih untuk digunakan dalam proses ini adalah ZnO karena ZnO sebagai katalis memiliki harga yang relatif murah dan memiliki sifat yang tidak beracun (Zilfa et al., 2021). Katalis ZnO juga mampu untuk memperoleh aseton dengan selektivitas yang baik, serta katalis ZnO juga lebih sedikit mengalami kerusakan jika dibandingkan dengan katalis lain seperti  $\text{CuSiO}_2$  pada proses dehidrogenasi isopropanol.

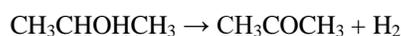
Pembentukan aseton dengan proses dehidrogenasi dibagi dalam 3 tahapan, yaitu:

### a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Tujuan dari tahap ini adalah untuk menyiapkan bahan baku yang digunakan untuk proses berupa isopropanol. Digunakan isopropil alkohol dengan kemurnian 99%. Bahan baku disimpan dalam fase cair dalam tangki penyimpanan (F-111) pada tekanan 1 atm dengan suhu  $30^\circ\text{C}$ . Diumpangkan isopropil alkohol dari tangki penyimpanan menuju vaporizer (V-110). Di dalam vaporizer, isopropil alkohol terjadi perubahan fasa dari cair menjadi gas karena proses reaksi berlangsung dalam fase gas. Feed yang keluar dari vaporizer diumpangkan menuju heater 1 (E-114) untuk dinaikan suhunya menjadi  $350^\circ\text{C}$  dan akan dinaikan tekanannya pada compressor sebelum memasuki reaktor (G-115).

### b. Tahap Pembentukan Produk (Reaksi)

Reaksi pembentukan aseton dengan proses dehidrogenasi berjalan secara endotermis dalam fase gas dengan suhu reaksi sebesar  $350^\circ\text{C}$  pada tekanan 2 atm. Reaksi berjalan yang berjalan secara endotermis akan terjadi penurunan suhu yang mengakibatkan penurunan nilai konversi, oleh karena itu untuk mempertahankan suhu reaksi menggunakan reaktor Fixed Bed Multitube. Isopropil alkohol di dalam tangki dialirkan pada tube-tube yang berisi katalis berupa ZnO, yang kemudian bereaksi menghasilkan aseton dan  $\text{H}_2$ . Di dalam reaktor konversi isopropil alkohol dapat mencapai 97%. Hasil reaksi dari reaktor berupa aseton,  $\text{H}_2$ , dan sedikit isopropil alkohol dalam fase gas.



**Tabel 2.** Perbandingan setiap proses

Parameter	Macam Proses	
	Dehidrogenasi Isopropanol	Oksidasi Isopropanol
Bahan	Isopropanol	Isopropanol
Suhu	350°C	80-140°C
Pressure	2 atm	3-4 atm
Fase Reaksi	Gas	Cair
Konversi	90-97%	15%
Reaksi	Edotermik	Eksotermik
Kelebihan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Suhu reaktor lebih mudah di kontrol</li> <li>▪ Aseton merupakan hasil utama</li> <li>▪ Konversi isopropanol tinggi</li> <li>▪ Bahan baku mudah didapat</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bahan baku mudah didapatkan</li> </ul>
Kekurangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Menggunakan reaksi yang memerlukan suhu tinggi (edotermik)</li> <li>▪ Perlu adanya penambahan katalis karena suhu tinggi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sulit untuk mengontrol suhu</li> <li>▪ Aseton merupakan hasil samping</li> </ul>
Kondisi Operasi	Proses dehidrogenasi isopropanol pada kondisi endotermis menggunakan katalis seperti ZnO menghasilkan aseton.	Dengan menggunakan katalis, isopropanol dan udara dioksidasi untuk membentuk aseton dalam kondisi eksotermis.

### c. Tahap Pemurnian Produk

Karena hasil keluaran reaktor masih terdapat komponen senyawa yang tidak diinginkan, maka dari itu perlu dilakukan proses pemurnian. Terlebih dahulu hasil keluaran reaktor diturunkan suhunya pada cooler 1 (E-212) hingga suhunya mencapai 170°C. Selanjutnya gas diumpankan menuju kondensor 1 (E-213) untuk dilakukan kondensasi. Aseton dan isopropil alkohol akan berubah menjadi embun sedangkan gas hidrogen akan tetap dalam fase gas.

Hasil dari kondensor selanjutnya diumpankan menuju separator (H-310) untuk dipisahkan antara komponen yang berada dalam fase cair dan fase gas. Pemisahan di dalam separator menggunakan metode tekanan uap. Pada suhu 30°C dengan tekanan 1 atm aseton, isopropil alkohol, dan air sudah dalam keadaan cair sedangkan H<sub>2</sub> masih tetap dalam keadaan gas. Hasil bawah separator berupa aseton dan isopropil alkohol dalam fase cair sedangkan hasil atas berupa gas hidrogen. Hasil atas separator merupakan gas hidrogen, kemudian gas hidrogen tersebut ditampung di dalam tangki penyimpanan hidrogen (F-312). Selanjutnya dilakukan pemurnian pada kolom distilasi.

Sebelum memasuki kolom distilasi (D-420) umpan dipanaskan terlebih dahulu untuk mencapai kondisi cair-jenuh pada suhu 50°C menggunakan heater 2 (E-422). Pada kolom distilasi 1 diharapkan

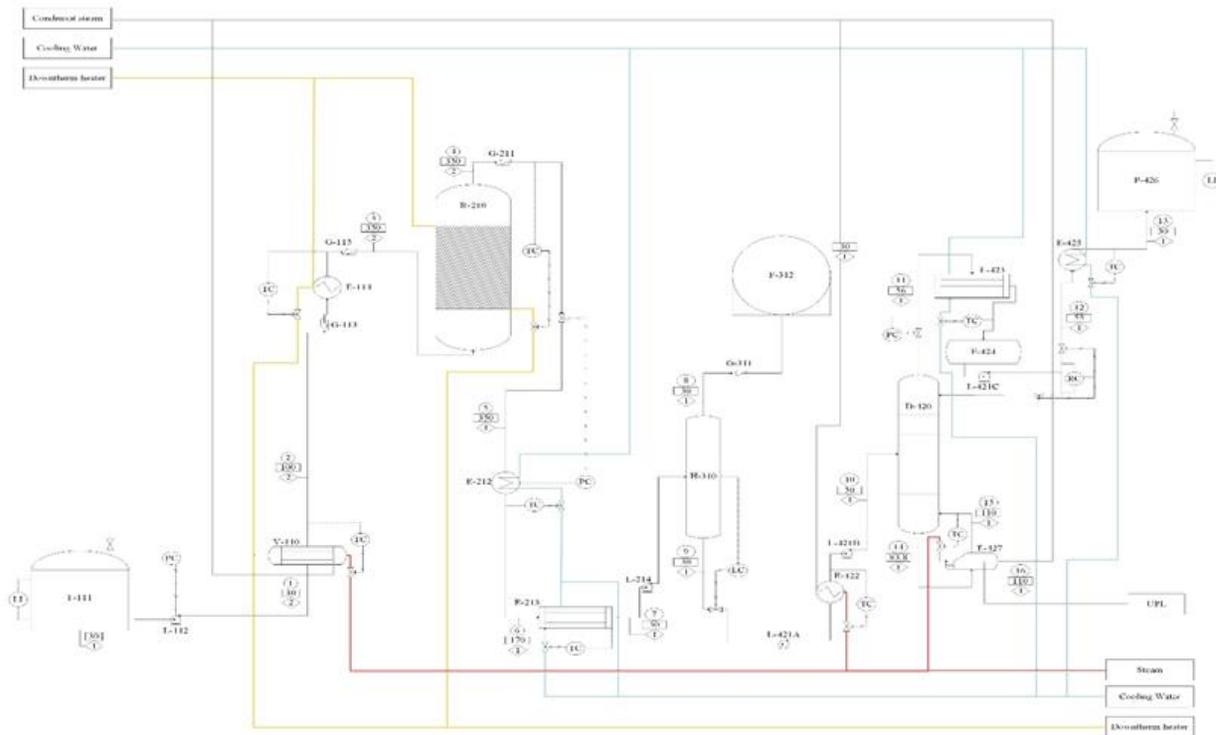
mendapatkan produk aseton dengan kemurnian 99%, yang keluar dari hasil atas kolom distilasi. Selanjutnya hasil atas kolom distilasi ditampung pada tangki penyimpanan produk aseton (F-426). Untuk hasil bawah kolom distilasi berupa campuran air, sedikit isopropil alkohol, dan sedikit aseton selanjutnya diumpankan menuju unit pengolahan limbah.

### 3. Utilitas

Pengolahan air yang dilakukan dalam pabrik aseton ini memiliki beberapa tahapan yakni *screening*, koagulasi, flokulasi, sedimentasi, filtrasi, dan demineralisasi untuk air umpan boiler. Sumber air yang digunakan berasal dari sungai Bengawan Solo yang terdapat dibelakang pabrik. Air yang telah melewati proses pengolahan nantinya akan digunakan sebagai air sanitasi, air pendingin, dan air umpan boiler.

Kebutuhan air sanitasi untuk pabrik ini sebanyak 349,92 kg/jam. Air sanitasi ini nantinya akan digunakan untuk keperluan sanitasi karyawan, keperluan laboratorium, keperluan penyiraman kebun dan kebersihan pabrik, keperluan pemadam kebakaran dan cadangan air pabrik. Untuk air sanitasi ini nantinya akan ditambahkan dengan kaporit dengan dosis 6-10 g/L.





	Unit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> O	Kg/jam	5010,402	4759,882	4759,882	142,796	142,796	142,796	142,796		142,796	142,796	1,428	1,428	1,428	144,368	3,176	141,368
ZnO	Kg/jam				4461,902	4461,902	4461,902	4461,902		4461,902	4461,902	4417,283	4417,283		44,619	9824,346	44,619
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O	Kg/jam				48,080	48,080	48,080	48,080		48,080	48,080	0,481	0,481		47,559	1,069	48,668
H <sub>2</sub> O	Kg/jam	50,610	48,080	48,080													
I <sub>2</sub>	Kg/jam				155,183	155,183	155,183	155,183	155,183								

Substansi	C	30	100	350	350	350	170	30	30	30	50	56,1	55	30	83,8	110	110
Pressure	atm	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total entalpy	KJ/jam	73302,309	587465,35	3161375,6	3358264,1	3358264,1	1337490,5	63220,052	63220,052	52162,322	264549,32	297260,84	297260,84	48653,726	62510,384	1178507,9	1178507,9

Gambar 1. Flow Diagram Process Pabrik Aseton Kapasitas 35000 Ton/Tahun

**PERANCANGAN PABRIK ASETON DARI ISOPROPIIL ALKOHOL MENGGUNAKAN PROSES DEHIDROGENASI DENGAN KAPASITAS PRODUKSI 35.000 TON/TAHUN**

Disusun Oleh:

**Mutiara Rengganis Nurul Putri Azhari**      201910401065  
**Helgananta Adirya Sabian**                      201910401096  
**Randu Agung Prasetyo**                            201910401097

Dosen Pembimbing Utama:  
**Ir. Ditta Kharisma Yolanda Putri, S.T., M.T.**

Dosen Pembimbing Anggota:  
**Heida Wika Amini, S.Si., M.Si., M.Sc.**

**PROGRAM STUDI NI TEKNIK KIMIA  
 JURUSAN TEKNIK MESIN  
 FAKULTAS TEKNIK  
 UNIVERSITAS JEMBER**

Kode	Nama Alat
V-110	Vaporizer
F-111	Tangki isopropanol
L-112	Pompa tangki isopropanol
G-113	Blower vaporizer
E-114	Heater 1
G-115	Blower heater 1
R-210	Reaktor
G-211	Blower reaktor
E-212	Cooler
K-213	Kondensor
L-214	Pompa dari kondensor
H-310	Separator
G-311	Blower hasil atas separator
F-312	Tangki I <sub>2</sub>
D-120	Kolom distilasi
L-421A	Pompa hasil bawah separator
L-421B	Pompa heater 2
L-421C	Pompa akumulator
E-422	Heater 2

Kode	Nama Alat
L-423	Kondensor 2
F-421	Akumulator
L-425	Cooler 2
F-426	Tangki aseton
L-427	Reboder

Simbol	Keterangan	Simbol	Keterangan
	Ass		Flow controller
	Subst		Level controller
	Tekanan		Level indicator
	Pipung		Computer controller
	Ukuran tekanan		Pressure controller
	Flow rate control		Ratio controller

Kebutuhan air pendingin dibutuhkan sebanyak 26502,56497 kg/jam setelah penambahan make up water. Untuk kebutuhan air umpan boiler dibutuhkan sebanyak 14967,68721 kg/jam setelah ditambahkan dengan make up water. Air yang digunakan untuk umpan boiler harus melewati tahap demineralisasi yang bertujuan untuk menghilangkan kandungan mineral yang terkandung di dalam air. Penghilangan kandungan mineral adalah untuk mencegah terjadinya kerak dan korosi pada boiler dan alat-alat proses yang dapat mengganggu kinerjanya.

Jenis boiler yang digunakan adalah *fire tube boiler* karena pabrik aseton ini tidak memerlukan steam dengan tekanan lebih dari 10 atm. Bahan bakar yang digunakan adalah natural gas yang didapatkan dari PT. Perusahaan Gas Negara. Natural gas dipilih sebagai bahan bakar boiler karena natural gas memiliki harga yang lebih ekonomis jika dibandingkan dengan bahan bakar yang lain, selain itu *boiler* yang berbahan bakar gas pada umumnya dapat digunakan selama 20 tahun, dan tidak membutuhkan perawatan yang banyak. Kebutuhan bahan bakar untuk boiler ini adalah sebanyak 0,02965614832 mmbtu/jam.

Selain itu pabrik ini mempunyai kebutuhan listrik sebanyak 834,2444885 kW. Listrik pada pabrik ini digunakan untuk menjalankan mesin yang membutuhkan listrik seperti pompa, *fan cooling tower*, dan agitator pada proses pengolahan produk dan utilitas. Listrik juga digunakan untuk penerangan pabrik dan pendingin ruangan (AC). Pendingin ruangan yang digunakan adalah Panasonic inverter 1,5 PK yang memiliki daya sebesar 950 watt. AC yang digunakan untuk kantor rencananya sebanyak 50 buah.

#### 4. Analisis Ekonomi

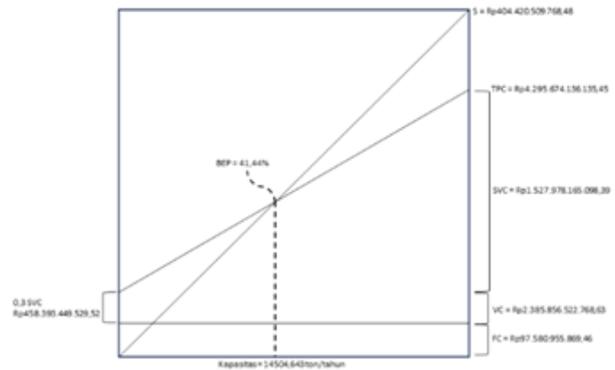
Evaluasi ekonomi digunakan untuk menentukan layak atau tidaknya mendirikan pabrik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa besar keuntungan yang diperoleh dari kapasitas produksi tertentu. Tabel 3 menunjukkan hasil evaluasi ekonomi yang dilakukan untuk pabrik aseton.

**Tabel 3.** Evaluasi Ekonomi Pabrik Aseton Kapasitas 35000 Ton/Tahun

No.	Parameter	Hasil	Kesimpulan
1	POT	1,44	Layak
2	NPOTLP	4,213 T	Layak
3	TCS	4,558 T	Layak
4	ROR	59,02%	Layak
5	ACF	69,41%	Layak
6	BEP	41,44%	Layak

Berdasarkan perhitungan menggunakan persamaan diatas, menghasilkan nilai BEP sebesar 41,44% dimana nilai tersebut masih dalam range yang diperbolehkan sesuai dengan literatur Kusnarjo (2010).

Menurut Kusnarjo (2010), BEP untuk pabrik kimia berkisar 30-60%. Menurut nilai BEP yang didapatkan, Pabrik Aseton dari Isopropil Alkohol ini layak untuk didirikan.



**Gambar 2.** BEP Pabrik Pabrik Aseton Kapasitas 35000 Ton/Tahun

#### 5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisa, Pabrik Aseton memiliki kapasitas produksi sebesar 35.000 ton/tahun dengan proses yang digunakan yaitu dehidrogenasi. Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT). Pembangunan Pabrik Aseton dari Isopropil Alkohol direncanakan berdiri pada tahun 2028 di *Java Integrated Industrial and Ports Estate (JIPE)*, Jawa Timur. Pabrik beroperasi kontinu 24 jam selama 330 hari/tahun dengan kebutuhan tenaga kerja untuk mengoperasikan pabrik ini sebanyak 162 karyawan. Evaluasi ekonomi diperoleh waktu pengembalian modal selama 1,441 tahun dan BEP sebesar 41,44%. Berdasarkan evaluasi ekonomi yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa Pabrik Metil Akriolat dengan kapasitas 35.000 ton/tahun ini layak untuk didirikan.

#### Daftar Pustaka

Ashary, I. Z., Kurniawan, B., dan Widjasena, B., 2015, "Analisis Sistem Tanggap Darurat Kebakaran Di Area Produksi Industri Kimia PT. X Tahun 2015", *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, 3(3), hal. 437-446.

Badan Pusat Statistik, 2023a, *Laporan Perekonomian Indonesia 2023*. Available at:



- <https://www.bps.go.id/id/publication/2023/09/21/a62efbad86d18bc35581c33a/laporan-perekonomian-indonesia-2023.html> (Diakses 21 September 2023).
- Badan Pusat Statistik, 2023b, *Jumlah dan Nilai Impor Aseton di Indonesia Periode 2018 - 2022*, Badan Pusat Statistik. Available at: <https://www.bps.go.id> (Diakses 21 September 2023).
- Dewi, A., Aryanto, D., dan Nurbaiti, U., 2020, "Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Optik Lapisan Tipis ZnO di Atas ITO", *Jurnal Fisika*, 10(1), hal. 30–36.
- Fadhillah, H.N., dan Hikmah, 2021, "Prarancangan Pabrik Aseton Dari Acetylene Dengan Proses Hidrasi Kapasitas 16.500 Ton/Tahun", *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 4(2), hal. 1–6.
- Geankoplis, C. J., 1993, *Transport Processes and Unit Operations*, 3rd ed, Prentice-Hall, Inc.
- Kementerian Perindustrian, 2023, *Laporan PP 39 Triwulan 1 Tahun 2023 Kementerian Perindustrian*. Available at: <https://kemenperin.go.id/download/29651/Laporan-PP-39Kementerian-Perindustrian-Triwulan-I-Tahun-2023> (Diakses 21 September 2023).
- Kirk, R.E., dan Othmer, V.R., 1998, *Encyclopedia of Chemical Technology*, 4th ed, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Kusnarjo, 2010, *Desain Bejana Bertekanan*, ITS Press.
- LabChem, 2018, *Material Safety Data Sheet*. Available at: <https://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC10420.pdf> (Diakses 8 Oktober 2023).
- LabChem, 2020, *Material Safety Data Sheet*. Available at: <https://www.labchem.com/tools/msds/msds/LC15750.pdf> (Diakses 8 Oktober 2023).
- Peters, M. S., dan Timmerhaus, K. D., 1991, *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, 4th ed, McGraw-Hill.
- Sari, N.K., 2011, *Ekonomi Teknik*.
- SmartLab, 2019, *Lembar Data Keselamatan Bahan*. Available at: [https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS\\_ZI\\_NC\\_OXIDE\\_\(INDO\).pdf](https://smartlab.co.id/assets/pdf/MSDS_ZI_NC_OXIDE_(INDO).pdf) (Diakses 8 Oktober 2023).
- Sinnot, R., dan Towler, G., 2008, *Chemical Engineering Design Principles Practice and Economics of Plant and Process Design*, Butterworth-Heinemann, UK.
- Visca, R., 2023, "Kelayakan Ekonomi Prarancangan Pabrik Aseton Dari Isopropil Alkohol Dengan Proses Dehidrogenasi Kapasitas 330.000 Ton/Tahun", *Al Qalam*:

*Jurnal Ilmiah Keagamaan dan Masyarakat*, 17(3), hal. 2155–2161.

