

PRA RANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI GLUKOSA
DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK KAPASITAS
75.000 Ton/Tahun



SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Sarjana Terapan (S-1) Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan
Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang

INDRI DWI SEPTAWATI SAFITRI 431 21 014

PUTRI NURUL ASMA 431 21 020

PROGRAM STUDI D-4 TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA
BERKELANJUTAN
JURUSAN TEKNIK KIMIA
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG
MAKASSAR
2025

HALAMAN PENGESAHAN

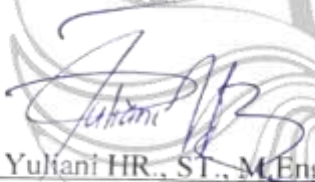
Skripsi dengan judul **Pra Rancangan Pabrik Sorbitol Dari Glukosa Dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 75.000 Ton/Tahun** oleh Indri Dwi Septawati Safitri NIM 431 21 014 telah diterima dan disahkan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Ujung Pandang.

Makassar, 30 September 2025

Menyetujui

Pembimbing I

Pembimbing II


Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 19730409-200312 2 002


Ir. Mimin Septiani, S.T., M.T.
NIP. 19910928 202203 2 007

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D4 Teknologi Rekayasa Kimia Berkelanjutan


Ir. Yuliani HR., S.T., M.Eng.
NIP. 197304092003122002

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PENERIMAAN	Error! Bookmark not defined.
KATA PENGANTAR	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	Error! Bookmark not defined.
DAFTAR GAMBAR	Error! Bookmark not defined.
RINGKASAN	ix
SURAT PERNYATAAN.....	Error! Bookmark not defined.
BAB 1 PENDAHULUAN	109
1.1 Latar Belakang	109
1.2 Kapasitas Rancangan.....	111
1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	111
Sumber: Siaran Pers Industri Gas, 2023	112
1.2.2 Pertimbangan Kapasitas Produksi	113

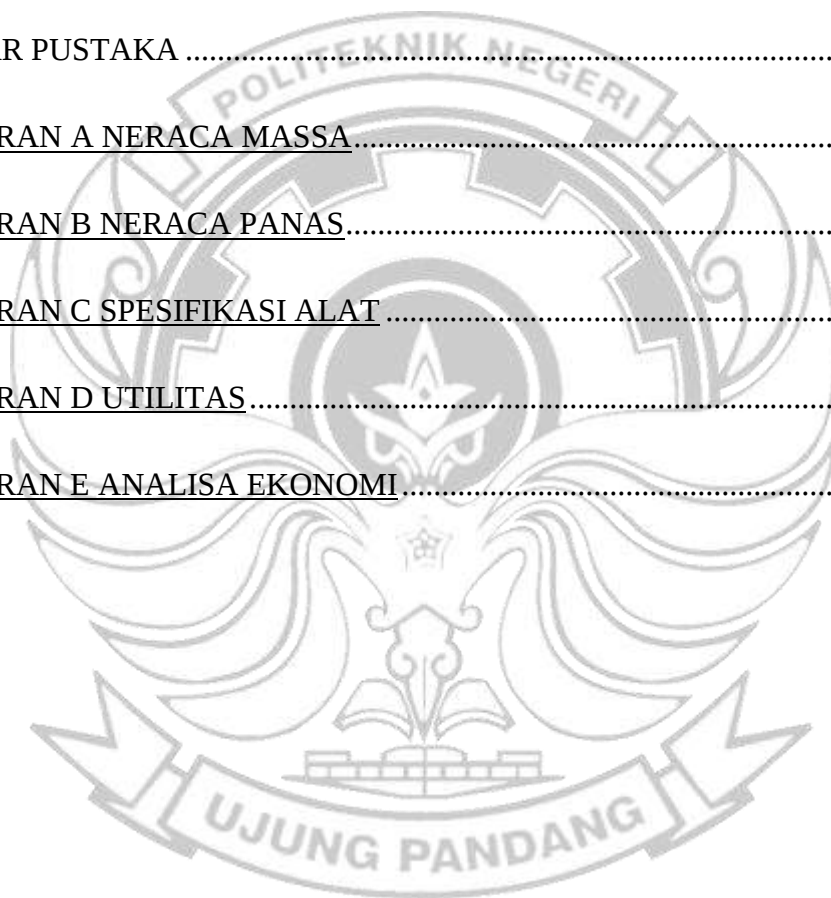
1.3	Penentuan Lokasi Pabrik	119
1.4	Tinjauan Pustaka	122
1.4.1	Macam - macam Proses Produksi Sorbitol.....	122
1.4.2	Kegunaan Produk	125
BAB II DESKRIPSI PROSES		Error! Bookmark not defined.
2.1	Spesifikasi Bahan Baku dan Produk	Error! Bookmark not defined.
2.1.1	Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
2.1.2	Bahan Pembantu	Error! Bookmark not defined.
2.1.3	Spesifikasi Produk Sorbitol	Error! Bookmark not defined.
2.2	Konsep Proses	Error! Bookmark not defined.
2.2.1	Dasar Reaksi.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.2	Kondisi Operasi	Error! Bookmark not defined.
2.2.3	Tinjauan Termodinamika	Error! Bookmark not defined.
2.2.4	Tinjauan Kinetika	Error! Bookmark not defined.
2.3	Langkah Proses	Error! Bookmark not defined.
2.2.1	Tahap Persiapan Bahan Baku	Error! Bookmark not defined.
2.2.2	Tahap Pembentukan Produk.....	Error! Bookmark not defined.
2.2.3	Tahap Pemisahan Produk	Error! Bookmark not defined.
2.2.4	Tahap Pemurnian Produk	Error! Bookmark not defined.
2.4	Diagram Alir Kualitatif	Error! Bookmark not defined.

2.5 Diagram Alir Kuantitatif	Error! Bookmark not defined.
BAB III NERACA MASSA	Error! Bookmark not defined.
3.1 Reaktor Trickel Bed (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
3.2 Separator (SP-101)	Error! Bookmark not defined.
3.3 Evaporator (EV-101).....	Error! Bookmark not defined.
BAB IV NERACA PANAS.....	Error! Bookmark not defined.
4.1 Heater 1 (H-101)	Error! Bookmark not defined.
4.2 Compressor (CP-101).....	Error! Bookmark not defined.
4.3 Reaktor Trickel Bed (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
BAB V SPESIFIKASI ALAT.....	Error! Bookmark not defined.
5.1 Tangki Glukosa (T-01).....	Error! Bookmark not defined.
5.2 Pompa (P-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.3 Compressor (CP-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.4 Heater (H-101)	Error! Bookmark not defined.
5.5 Reaktor (R-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.6 Cooler (CL-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.7 Separator (SP-101)	Error! Bookmark not defined.
5.8 Tangki Hidrogen (T-103)	Error! Bookmark not defined.
5.9 Heater (H-102)	Error! Bookmark not defined.
5.10 Expansion Valve (EXV-101)	Error! Bookmark not defined.

5.11 Pompa (P-102).....	Error! Bookmark not defined.
5.12 Evaporator (EV-101).....	Error! Bookmark not defined.
5.13 Cooler (CL-102).....	Error! Bookmark not defined.
5.14 Pompa (P-103).....	Error! Bookmark not defined.
5.15 Tangki Sorbitol (T-102)	Error! Bookmark not defined.
BAB VI UTILITAS	Error! Bookmark not defined.
6.1 Kebutuhan <i>Steam</i>	Error! Bookmark not defined.
6.2 Kebutuhan Air	Error! Bookmark not defined.
6.3 Kebutuhan Udara.....	Error! Bookmark not defined.
6.4 Kebutuhan Listrik.....	Error! Bookmark not defined.
6.5 Kebutuhan Bahan Bakar.....	Error! Bookmark not defined.
6.6 Unit Pengolahan Limbah.....	Error! Bookmark not defined.
6.6 Spesifikasi Alat Utilitas.....	Error! Bookmark not defined.
6.6.1 Boiler	Error! Bookmark not defined.
6.6.2 Tangki Bahan Bakar Boiler	Error! Bookmark not defined.
6.6.3 Tangki Penampungan <i>fresh water tang</i>	Error! Bookmark not defined.
6.6.4 Tangki Penampungan Air Pendingin.....	Error! Bookmark not defined.
6.6.5 <i>Cooling Tower</i>	Error! Bookmark not defined.
6.6.6 Tangki Penampungan Air Denim	Error! Bookmark not defined.
6.6.7 Tangki Bahan Bakar Generator	Error! Bookmark not defined.

6.6.8 Pompa Utilitas	Error! Bookmark not defined.
BAB VII INSTRUMENTASI DAN KESELAMATAN KERJA..... Error!	
Bookmark not defined.	
7.1 Instrumentasi	Error! Bookmark not defined.
7.2 Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup...	Error! Bookmark not defined.
7.2.1 Indentifikasi Bahaya dan <i>Job Safety Analysis</i> (JSA)...	Error! Bookmark not defined.
7.2.2 Upaya Pencegahan terjadinya Bahaya...	Error! Bookmark not defined.
BAB VIII STRUKTUR ORGANISASIError! Bookmark not defined.	
8.1 Bentuk Perusahaan	Error! Bookmark not defined.
8.2 Struktur Organisasi.....	Error! Bookmark not defined.
8.3 Tugas Dan Wewenang	Error! Bookmark not defined.
8.4 Jam Kerja.....	Error! Bookmark not defined.
8.5 Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji	Error! Bookmark not defined.
BAB IX TATA LETAK PABRIK DAN PEMETAAN Error! Bookmark not defined.	
9.1 Tata Letak Pabrik	Error! Bookmark not defined.
9.2 Tata Letak Peralatan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB X ANALISA EKONOMIError! Bookmark not defined.	

10.1 Modal (<i>Capital Invesment</i>).....	Error! Bookmark not defined.
10.2 Biaya Produksi (<i>Production Cost</i>).....	Error! Bookmark not defined.
10.3 Analisa Keuntungan dan Kerugian.....	Error! Bookmark not defined.
10.4 Hasil Perhitungan Analisa Ekonomi.....	Error! Bookmark not defined.
BAB XI KESIMPULAN	127
DAFTAR PUSTAKA	129
<u>LAMPIRAN A NERACA MASSA</u>	LA.1
<u>LAMPIRAN B NERACA PANAS</u>	LB.1
<u>LAMPIRAN C SPESIFIKASI ALAT</u>	LC.1
<u>LAMPIRAN D UTILITAS</u>	LD.1
<u>LAMPIRAN E ANALISA EKONOMI</u>	LE.1



**PRA RANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI GLUKOSA
DENGAN PROSES HIDROGENASI KATALITIK KAPASITAS
75.000 Ton/Tahun**

RINGKASAN

Sorbitol merupakan senyawa kimia golongan gula alkohol ($C_6H_{14}O_6$) yang banyak digunakan pada industri pangan, farmasi, kosmetik, dan kimia, baik sebagai pemanis rendah kalori, humektan, stabilizer, maupun bahan baku vitamin C. Kebutuhan sorbitol di Indonesia terus meningkat, sementara kapasitas produksi dalam negeri belum mencukupi sehingga sebagian masih dipenuhi melalui impor. Pendirian pabrik sorbitol bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, sekaligus memperkuat daya saing ekspor.

Pabrik sorbitol ini direncanakan berlokasi di Kawasan Industri JIPE, Gresik, Jawa Timur, dengan kapasitas 75.000 ton/tahun dan beroperasi selama 330 hari/tahun. Reaksi berlangsung dalam reaktor trickle bed pada kondisi operasi $145^{\circ}C$ dan 70 atm dengan konversi 99,9%. Produk sorbitol kemudian dimurnikan melalui evaporasi hingga diperoleh sorbitol cair 70%. Perusahaan berbentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan struktur organisasi garis dan staf, jumlah karyawan direncanakan 157 orang.

Hasil perhitungan analisis ekonomi menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan dengan kebutuhan investasi dan perhitungan sebagai berikut: Break Event Point (BEP) sebesar 49,07%, Return on Investment (ROI) sebesar 15,90%, dan Pay Out

Time (POT) 4,02 tahun. Analisis tersebut membuktikan bahwa pabrik sorbitol dengan kapasitas 75.000 ton/tahun secara teknis dan ekonomis layak untuk direalisasikan.

**PRA DESIGN SORBITOL PLANT FROM GLUCOSE WITH A
CATALYTIC HYDROGENATION PROCESS CAPACITY 75.000
TONS/YEARS**

SUMMARY

Sorbitol is a sugar alcohol compound ($C_6H_{14}O_6$) widely used in the food, pharmaceutical, cosmetic, and chemical industries as a low-calorie sweetener, humectant, stabilizer, and raw material for vitamin C. The demand for sorbitol in Indonesia continues to increase, while domestic production capacity remains insufficient, resulting in reliance on imports. The establishment of a sorbitol plant aims to meet domestic demand, reduce import dependency, and strengthen export competitiveness.

The proposed sorbitol plant will be located in the JIPE Industrial Estate, Gresik, East Java, with a production capacity of 75,000 tons/year and 330 operating days per year. The reaction takes place in a trickle bed reactor under operating conditions of 145°C and 70 atm with a conversion rate of 99.9%. The product is then purified by evaporation to obtain liquid sorbitol with 70% concentration. The company is planned as a Limited Liability Company (PT) with a line-and-staff organizational structure, employing 157 workers.

The results of the economic analysis indicate that the plant is feasible to establish with the following financial performance: Break Event Point (BEP) of 49.07%, Return on Investment (ROI) of 15.90%, and Pay Out Time (POT) of 4.02 years. These results demonstrate that the sorbitol plant with a capacity of 75,000 tons/year is technically and economically viable for realization.



BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berkembang yang bergerak dalam sektor pembangunan, transportasi, pertanian, dan sektor industri. Kemajuan di sektor industri akan meningkatkan kesejahteraan wilayah sekitar dan masyarakat. Terkait hal tersebut, sektor pembangunan menjadi penghubung antara sektor industri dengan sektor lainnya. Dimana sektor industri ini dikembangkan secara bertahap dan terpadu. Akhir-akhir ini, industri kimia terus mengalami perkembangan secara terintegrasi, industri hilir dan industri bahan setengah jadi berkembang dengan pesat, salah satu pabrik yang menghasilkan produk setengah jadi yakni pabrik sorbitol. Industri sorbitol dinilai sangat strategis karena sorbitol banyak dimanfaatkan di berbagai industri seperti pangan, farmasi, kosmetik, dan bidang lainnya. Sehingga, sorbitol sudah menjadi bagian penting dari kebutuhan sehari-hari. Ketersediaan bahan baku cukup mendukung, di mana produksi glukosa nasional mencapai $\pm$ 515 ribu ton/tahun dan hidrogen sekitar 332 ribu ton/tahun. Kebutuhan sorbitol dalam negeri juga terus meningkat, dari 157 ribu ton pada 2019 menjadi 175 ribu ton pada 2023. Sementara itu, impor sorbitol cenderung menurun dari 4.363 ton pada 2019 menjadi 1.503 ton pada 2023, sedangkan ekspor stabil pada kisaran 45–55 ribu ton/tahun dengan proyeksi mencapai 62 ribu ton pada 2028. Hal ini menunjukkan potensi besar pengembangan industri sorbitol di Indonesia untuk memenuhi konsumsi domestik sekaligus memperkuat daya saing ekspor, sejalan dengan pertumbuhan penduduk, pembangunan, dan pengembangan

ekonomi nasional. Sorbitol adalah senyawa kimia dengan rumus $C_6H_{14}O_6$ yang pertama kali ditemukan pada tahun 1868 di pegunungan berry dengan konsentrasi 5-12%. Senyawa ini umumnya ditemukan dalam berbagai tumbuhan, dan nama “sorbitol” diambil dari nama ilmuwan yang meneliti buah *Sorbus Aucuparia* L (A. Umam et Al., 2019). Sejak tahun 1930, proses hidrogenasi gula untuk menghasilkan sorbitol telah dikembangkan. Sorbitol adalah gula alkohol yang tersedia dalam bentuk sirup dan bubuk, serta dimetabolisme secara lambat dalam tubuh. Proses produksinya melibatkan reduksi dekstrosa, yang mengubah gugus aldehyd menjadi gugus hidroksil, sehingga dikategorikan sebagai gula alkohol. Bahan baku utama untuk produksi sorbitol adalah glukosa, yang diperoleh dari pati melalui proses pengolahan enzim.

Pabrik sorbitol dari glukosa dapat dibuat dengan beberapa metode, yaitu reduksi katalitik, bioteknologi, dan hidrogenasi katalitik. Dari beberapa metode tersebut, metode yang paling efisien untuk digunakan adalah metode hidrogenasi katalitik karena menawarkan konversi yang sangat tinggi, mencapai 99%, dalam waktu reaksi yang relatif singkat. Proses ini menggunakan glukosa sebagai bahan baku dan gas hidrogen yang dipercepat oleh katalis nikel, sehingga menghasilkan sorbitol dengan kemurnian tinggi dan biaya produksi yang lebih rendah. Selain itu, hidrogenasi katalitik juga memiliki keuntungan dalam hal keamanan operasional, karena sorbitol yang dihasilkan bersifat stabil dan tidak reaktif pada kondisi proses. Melalui pertimbangan efisiensi, biaya, dan kualitas produk, metode hidrogenasi katalitik merupakan pilihan utama dalam prarancangan pabrik sorbitol. Metode ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan global akan sorbitol yang terus meningkat

setiap tahunnya, termasuk di Indonesia, yang saat ini masih mengandalkan impor untuk memenuhi permintaan domestik akibat kekurangan kapasitas produksi dalam negeri. Oleh karena itu, pembangunan pabrik sorbitol di Indonesia sangat menjanjikan dan berpotensi untuk meningkatkan kemandirian pasokan serta mendukung pertumbuhan industri terkait

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Ketersediaan Bahan Baku

Dalam menentukan kapasitas rancangan pabrik sorbitol, ketersediaan bahan baku menjadi faktor krusial yang harus dipertimbangkan. Bahan baku utama yang digunakan adalah glukosa ($C_6H_{12}O_6$) dan hidrogen, yang harus tersedia dalam jumlah yang cukup dan berkelanjutan untuk memenuhi kebutuhan produksi. Data ketersediaan glukosa dan hidrogen di Indonesia, termasuk produsen utama beserta kapasitas produksinya, yang akan menjadi dasar dalam menetapkan kapasitas produksi pabrik sorbitol secara optimal, ditunjukkan pada Tabel 1.1 dan Tabel 1.2.

Tabel 1.1 Produksi Glukosa di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
1	PT Suba Indah	Cilegon, Banten	82.500
2	PT Sari Pati Idaman	Pati, Jawa Tengah	72.500
3	PT BAJ	Jawa Timur	18.000

4	PT Trebor Indonesia	Jakarta, DKI Jakarta	17.500
5	PT Sumber Manis Harapan Jaya	Pati, Jawa Tengah	150.000
6	PT Sorini Agro Asia Corporindo	Pasuruan, Jawa Timur	120.000
7	PT Budi Starch & Sweetener	Gresik, Jawa Timur	54.000
Total			5.500

Sumber: Putri, A. (2024)

Tabel 1. 2 Produksi Hidrogen di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (ton/tahun)
4	PT Air Products Indonesia	Gresik, Jawa Timur	82.000
2	PT PLN Nusantara power	Muara karang, Jakarta	199.000
3	PT PLN Indonesia Power	Cilegon, Jawa Tengah	51.000
Total			332.000

Sumber: Siaran Pers Industri Gas, 2023

1.2.2 Pertimbangan Kapasitas Produksi

- Impor

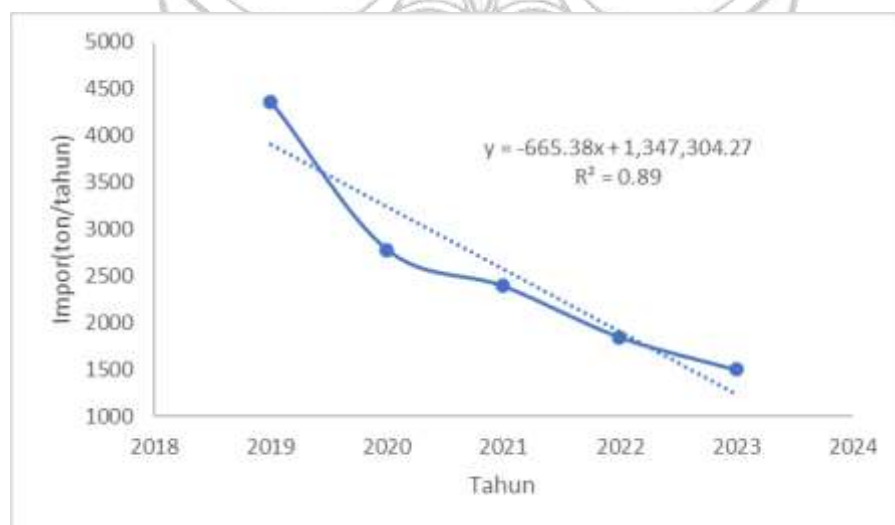
Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik), data impor sorbitol dari tahun 2019-2023 dapat dilihat dari Tabel 1.3

Tabel 1. 3 Kebutuhan Impor Sorbitol di Indonesia

Tahun	Impor (ton/tahun)
2019	4.363,546
2020	2.784,338
2021	2.394,764
2022	1.850,748
2023	1.503,461

Sumber: BPS, 2023

Berdasarkan Tabel 1.3 dapat diperoleh hubungan antara impor sorbitol di Indonesia tiap tahun, pada Gambar 1.1



Gambar 1. 1 Data Impor Sorbitol Tiap Tahun

Guna memprediksi jumlah sorbitol pada tahun pendirian pabrik yaitu 2028 maka dapat digunakan metode linearisasi berdasarkan grafik dengan persamaan $y = -665,38x + 1.347.304,27$ dengan x adalah tahun dan y adalah kebutuhan impor sorbitol per tahun dalam ton. Dari persamaan yang diperoleh, dapat diproyeksikan kebutuhan impor di Indonesia pada tahun 2028 sebesar - 2086,37 ton.

Dengan fungsi sebagai bahan tinjauan dan tolak ukur dalam penentuan kapasitas produksi, data pabrik di Indonesia yang memproduksi sorbitol juga dibutuhkan. Daftar pabrik sorbitol di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.4

Tabel 1. 4 Daftar Pabrik Sorbitol di Indonesia

No	Nama Perusahaan	Lokasi	Kapasitas Produksi (Ton/Tahun)
1	PT Sorini Agro Asia	Pasuruan	215.000
2	PT Sama Satria Pasifik	Sidoarjo	100.000
3	PT Budi Kimia Raya	Lampung	6.000
4	PT Budi Strach & Sweetener Tbk.	Lampung	72.000
Total			390.000

Sumber: Maulida F, 2022

- Ekspor

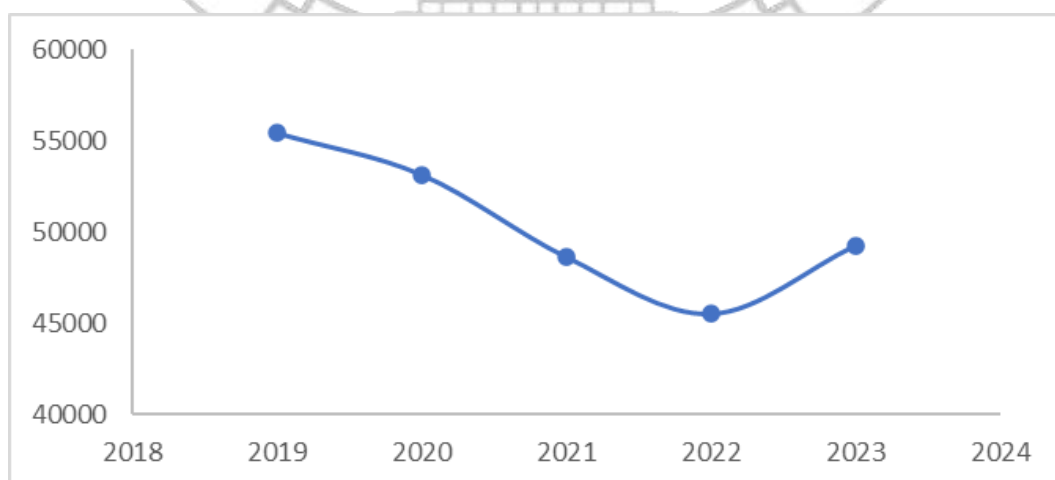
Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik), data ekspor sorbitol dari tahun 2019- 2023 dapat dilihat dari Tabel 1.5

Tabel 1. 5 Kebutuhan Ekspor Sorbitol di Indonesia

Tahun	Ekspor (ton/tahun)	%P
2019	55.438,397	0%
2020	53.156,736	4%
2021	48.652,960	8%
2022	45.535,475	6%
2023	49.272,309	8%
$\sum\%P$		27%
i		0,05

Sumber: BPS, 2023

Berdasarkan Tabel 1.5 dapat diperoleh hubungan antara ekspor sorbitol di Indonesia tiap tahun pada Gambar 1.2



Gambar 1. 2 Data Ekspor Sorbitol tiap tahun

Kebutuhan ekspor sorbitol pada tahun pendirian pabrik yaitu tahun 2028, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan *discounted* sebagai berikut (Ulrich, 1984):

$$m = P (1+i)^n \quad (1.1)$$

Dimana:

m = jumlah produk pada tahun yang diperhitungan

P = jumlah produk pada tahun terakhir yang diketahui

i = rata-rata pertumbuhan per tahun

n = selisih tahun

Sehingga:

$$m = 49.272,309 (1+5\%)^5$$

$$m = 62.885,339 \text{ ton/tahun}$$

Berdasarkan hasil yang diperoleh, dapat diprediksi kebutuhan ekspor di Indonesia tahun 2028 sebesar 62.885,339 ton/tahun.

Guna mendukung evaluasi dan menjadi acuan dalam menentukan kapasitas produksi, diperlukan data konsumsi sorbitol di Indonesia. Data konsumsi sorbitol di Indonesia disajikan pada Tabel 1.6:

Tabel 1. 6 Konsumsi Sorbitol di Indonesia

Tahun	Kebutuhan (ton/tahun)
2019	157.420,000
2020	160.849,713
2021	166.406,948
2022	171.353,574
2023	175.000,000
Total	831.030,235

Sumber: Kementerian Perindustrian, 2023

Berdasarkan nilai impor, ekspor, produksi dan konsumsi pada tahun 2028 yang telah dihitung, maka penentuan kapasitas perancangan pabrik sorbitol dapat dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$M_1 + M_2 + M_3 = M_4 + M_5 \quad (1.3)$$

Dimana:

M_1 : Nilai Produksi (ton)

M_2 : Nilai Impor (ton)

M_3 : Peluang kapasitas pabrik baru (ton)

M_4 : Nilai Ekspor (ton)

M_5 : Konsumsi dalam negeri (ton)

Sehingga kapasitas pabrik Sorbitol yang akan didirikan pada tahun 2028 adalah:

$$M_3 = (M_4 + M_5) - (M_1 + M_2)$$

$$M_3 = (62.885,339 + 831.030,235) - (390.000 + (-2.086,37))$$

$$M_3 = 506.001,944 \text{ ton/tahun}$$

Jadi, kapasitas pabrik sorbitol yang akan dibangun pada tahun 2028 sebesar 75.000 ton/tahun untuk memenuhi 14,8% kebutuhan sorbitol di Indonesia.

1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku menjadi faktor krusial yang harus dipertimbangkan pada saat merancang suatu pabrik dalam keberlanjutan suatu industri. Adapun bahan baku utama yang digunakan dalam pabrik sorbitol adalah glukosa dan hidrogen. Kebutuhan bahan baku dalam pembuatan sorbitol dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Kapasitas Pabrik} = 75.000 \text{ Ton/Tahun}$$

$$= 9469,6790 \text{ kg/jam}$$

$$\text{Mol Sorbitol} = \frac{\text{Kapasitas Pabrik}}{\text{BM Sorbitol}}$$

$$= \frac{9469,6790 \text{ kg/jam}}{182,17 \text{ kg/kmol}}$$

$$= 51,9830 \text{ Kmol/jam}$$

1. Kebutuhan bahan baku Glukosa

$$\text{Massa Glukosa} = \frac{\text{Koef Glukosa}}{\text{Koef Sorbitol}} \times \text{BM Glukosa} \times \text{mol Sorbitol}$$

$$= \frac{1}{1} \times 180,17 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 51,9830 \text{ Kmol/jam}$$

$$\text{Massa Glukosa} = 9.365,6278 \text{ kg/Jam}$$

$$= 9,3656278 \text{ Ton/Tahun}$$

2. Kebutuhan bahan baku Hidrogen

$$\text{Massa Hidrogen} = \frac{\text{Koef Hidrogen}}{\text{Koef Sorbitol}} \times \text{BM Hidrogen} \times \text{mol Sorbitol}$$

$$= \frac{1}{1} \times 2,02 \frac{\text{kg}}{\text{kmol}} \times 51,9830 \text{ Kmol/jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Hidrogen} &= 105,01 \text{ kg/Jam} \\ &= 0,1050 \text{ Ton/Tahun}\end{aligned}$$

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Pada perancangan pabrik, penentuan lokasi menjadi aspek krusial yang berpengaruh langsung pada kemajuan dan keberlanjutan operasional pabrik. Pemilihan lokasi yang tepat tidak hanya memastikan efisiensi operasional, tetapi juga keberlanjutan pasokan bahan baku serta optimalisasi distribusi produk. Beberapa faktor strategis yang perlu diperhatikan meliputi kedekatan dengan sumber bahan baku utama, seperti glukosa dan hidrogen, untuk meminimalkan biaya transportasi dan meningkatkan efisiensi produksi. Selain itu, lokasi yang dipilih harus memiliki infrastruktur pendukung yang memadai, termasuk utilitas seperti listrik, air, dan akses transportasi, sehingga mampu menunjang kelancaran proses produksi serta distribusi produk ke pasar.

Selain pertimbangan teknis dan ekonomis, penting juga untuk mempertimbangkan aspek sosiologis, yaitu dengan memahami sifat, sikap, dan dinamika masyarakat di sekitar lokasi yang dipilih untuk pembangunan pabrik. Hal ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi hambatan sosiologis yang mungkin timbul, sehingga dapat direncanakan langkah-langkah antisipasi sejak awal. Dengan memperhatikan faktor ini, hubungan yang harmonis dengan masyarakat sekitar dapat terjalin, mendukung kelancaran operasional pabrik dalam jangka panjang.

Berdasarkan faktor-faktor pendukung maka pabrik pembuatan sorbitol direncanakan akan berlokasi di Kawasan Industri JIPE, Kabupaten Gresik, Jawa Timur

1. Ketersediaan Bahan Baku

- Glukosa dapat diperoleh dari PT Budi Starch & Sweetener Tbk yang berlokasi di Jawa Timur (Surabaya, Ponorogo), sehingga pasokan glukosa ke JIPE dapat dilakukan secara efisien dengan biaya transportasi yang kompetitif.
- Hidrogen dapat dipasok dari PT Air Products Indonesia yang berlokasi di Kawasan Industri Maspion, Manyar, Gresik

2. Infrastruktur Pendukung

Kawasan Industri JIPE memiliki fasilitas kelas internasional yang mendukung operasi industri kimia, antara lain:

- **Pelabuhan laut dalam (*deep sea port*)** di dalam kawasan, memudahkan impor bahan baku dan ekspor produk.
- **Utilitas terpadu:** listrik, air, jaringan gas industri, serta fasilitas pengolahan limbah.
- Terhubung dengan **jalan tol Trans-Jawa** dan akses transportasi darat yang lancar menuju kota-kota besar di Jawa.

3. Transportasi dan Distribusi

Lokasi yang memiliki pelabuhan internasional dalam kawasan menjadikan distribusi sorbitol cepat dan efisien ke pasar domestik maupun ekspor.

4. Aspek Sosial dan Tenaga Kerja

- Tersedia tenaga kerja lokal dalam jumlah besar yang sudah berpengalaman di sektor industri di Gresik dan sekitarnya.
- Masyarakat sekitar terbiasa dengan keberadaan pabrik besar (semen, pupuk, petrokimia, smelter), sehingga potensi konflik sosial rendah.
- Investasi baru akan berkontribusi pada ekonomi lokal melalui penciptaan lapangan kerja dan program CSR.

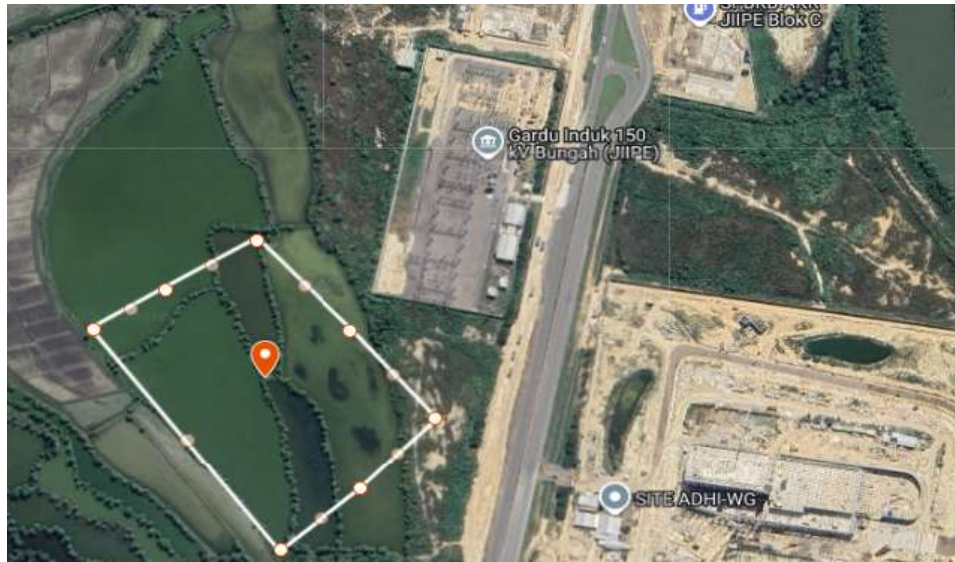
5. Keamanan dan Regulasi

- JIPE berada di kawasan aman dari bencana besar seperti gempa bumi signifikan dan banjir.
- Termasuk dalam Kawasan Ekonomi Khusus (KEK) sehingga proses perizinan lebih mudah dan cepat dengan dukungan regulasi yang pro-investasi.

6. Dukungan Pemerintah dan Iklim Investasi

- Pemerintah pusat dan daerah mendorong pembangunan hilirisasi industri berbasis gas dan kimia di Jawa Timur.

- Investor mendapatkan keuntungan berupa insentif pajak, kepastian hukum, serta dukungan infrastruktur untuk industri ramah lingkungan.



Gambar 1. 3 Lokasi Pabrik

1.4 Tinjauan Pustaka

1.4.1 Macam - macam Proses Produksi Sorbitol

Pada skala industri, sorbitol dapat diproduksi menggunakan tiga metode utama, yaitu Reduksi Elektrolitik, Hidrogenasi Katalitik, dan Proses Bioteknologi (enzimatik dan bakteri).

a. Proses Reduksi Elektrolitik

Reduksi glukosa menggunakan katoda membentuk senyawa sorbitol yang memiliki banyak kegunaan dalam industri makanan, farmasi dan masih banyak lainnya. Penggunaan katoda dan anoda yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda untuk produk sorbitol yang terbentuk. Smirnova dan kravchenko membagi bahan katoda menjadi tiga kategori, pertama adalah logam dengan tegangan tinggi

yaitu (Pb, Hg, Zn-Hg, Pb-Cu, Sn-Hg, Sn, Di, Te, Ga, Bi). Kategori kedua Cu, Ag, Ge, C, Tl, Cu-Sn dan Ce-Pb. Kategori ketiga Pt, Ni, Al dan Co untuk efisiensi kategori logam pertama sebesar 40-70%, untuk logam kedua sebesar 15-35% dan 3-7% untuk kategori logam ketiga (Kassim dan Rice, 1981).

b. Proses Hidrogenasi Katalitik

Proses hidrogenasi katalitik merupakan metode utama dalam produksi sorbitol dari glukosa pada skala industri. Proses ini melibatkan reaksi tiga fase (gas, cair, dan padat) di mana hidrogen (H_2) berinteraksi dengan katalis berbasis logam, seperti nikel atau ruthenium, untuk menghidrogenasi gugus karbonil pada glukosa menjadi gugus hidroksil, menghasilkan sorbitol. Katalis memainkan peran penting dalam efisiensi reaksi katalis berbasis ruthenium, misalnya, menunjukkan aktivitas yang sangat baik dengan tingkat konversi tinggi dan minim produk samping. Hidrogenasi biasanya dilakukan pada suhu 120–150°C dan tekanan tinggi (50–70 bar) untuk mengoptimalkan hasil.

Selain itu, inovasi dalam katalis seperti pengembangan katalis berbasis karbon aktif yang dilapisi dengan senyawa polimer tertentu, seperti *maleic anhydride*, mampu meningkatkan kestabilan katalis serta distribusi logam aktif, yang pada akhirnya meningkatkan selektivitas terhadap sorbitol. (Moreno et al, 2020).

c. Proses Bioteknologi (enzimatik dan bakteri)

Proses bioteknologi untuk produksi sorbitol melalui metode enzimatik dan bakteri telah menjadi salah satu topik yang menarik dalam penelitian dan aplikasi industri. Metode ini memanfaatkan mikroorganisme seperti *Lactobacillus plantarum*

yang dapat mengubah glukosa menjadi sorbitol dalam kondisi fermentasi tertentu. Biasanya, proses ini dilakukan melalui fermentasi substrat dengan kondisi anaerobik menggunakan bioreaktor. Optimalisasi produksi dilakukan dengan memodifikasi sumber karbon, suhu, pH, dan kecepatan agitasi untuk meningkatkan efisiensi konversi. Selain itu, penggunaan teknik imobilisasi sel seperti pengurungan dalam gel alginat sering kali meningkatkan stabilitas dan penggunaan ulang sel selama siklus fermentasi. Proses ini juga memanfaatkan *High-Performance Liquid Chromatography* (HPLC) untuk analisis dan kuantifikasi sorbitol. Pada pendekatan yang terkontrol, produksi sorbitol melalui metode bioteknologi dapat menawarkan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan metode kimia tradisional. (Zuriana, S. A., & Sakinah, A. M. M., 2017).

Dari ketiga proses tersebut, dilakukan pertimbangan kelebihan dan kekurangan setiap proses untuk diaplikasikan dalam skala pabrik. Kelebihan dan kekurangan dari setiap proses dapat dilihat pada tabel 1.7:

Tabel 1. 7 Perbandingan Berbagai Proses Produksi Sorbitol

No.	Parameter	Proses		
		Reduksi Katalitik	Hidrogenasi Katalitik	Bioteknologi
1.	Segi Proses	Menggunakan katoda berbahan logam tertentu	Melibatkan katalis logam seperti nikel atau ruthenium	Memanfaatkan mikroorganisme seperti <i>Lactobacillus plantarum</i>

2.	Bahan Baku	Glukosa	Glukosa dan Hidrogen	Glukosa dan Fruktosa
3.	Konversi Energi	40-70%	95-99%	99%
4.	Waktu Proses	Membutuhkan waktu lama tergantung jenis katoda	Waktu yang diperlukan untuk mendapatkan produk cepat	Memerlukan waktu yang lama (Fermentasi)
5.	Kualitas Produk	Variatif, tergantung logam yang digunakan	Tinggi, sorbitol yang dihasilkan lebih bagus dan minim produk samping	Rendah, dengan risiko reaksi samping
6.	Segi Ekonomi	Harga Elektroda mahal	Hidrogen dan katalis mudah dijumpai	Pemisahan menggunakan membran memiliki harga mahal

Berdasarkan beberapa pertimbangan-pertimbangan tersebut proses yang dipilih untuk dikaji dalam perancangan adalah Proses Hidrogenasi Katalitik.

1.4.2 Kegunaan Produk

Sorbitol memiliki beberapa kegunaan di berbagai industri seperti:

a. Pemanis Rendah Kalori.

Sorbitol digunakan sebagai pemanis pengganti gula dalam makanan dan minuman rendah kalori seperti permen dan minuman bebas gula. Karena indeks glikemiknya rendah, sorbitol cocok untuk penderita diabetes.

b. Humektan (Pelembab).

Dalam industri makanan dan kosmetik, sorbitol berfungsi menjaga kelembapan pada produk seperti roti, kue, lotion, dan pasta gigi, sehingga mencegah kekeringan.

c. Laksatif (Pelancar BAB).

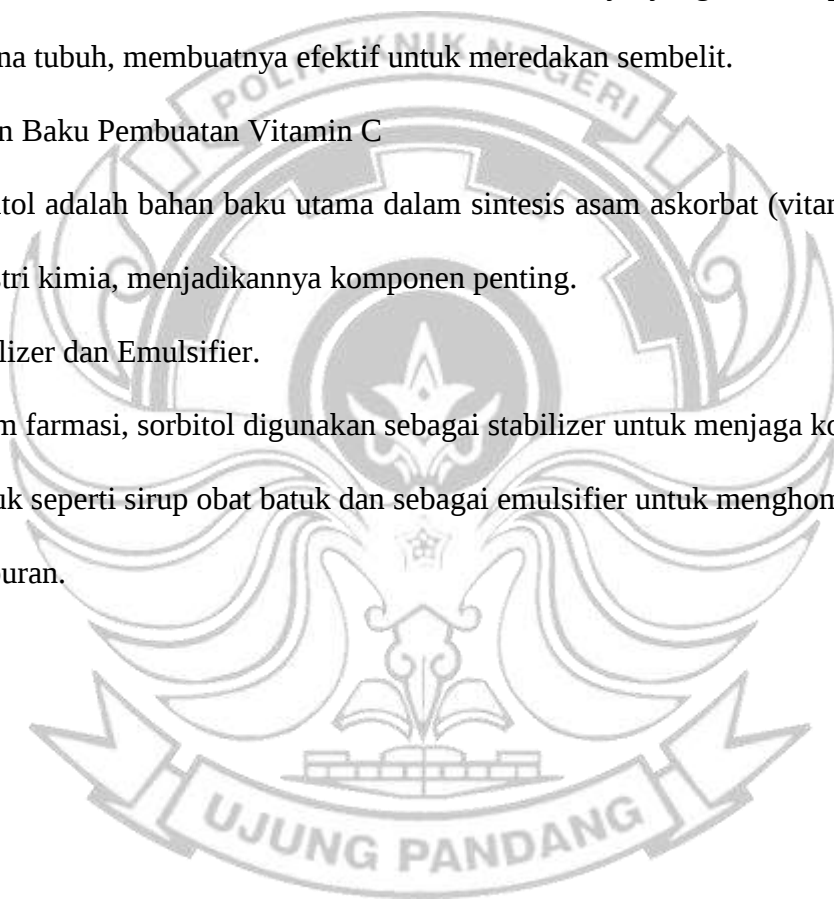
Sorbitol memiliki efek laksatif alami karena sifatnya yang tidak sepenuhnya dicerna tubuh, membuatnya efektif untuk meredakan sembelit.

d. Bahan Baku Pembuatan Vitamin C

Sorbitol adalah bahan baku utama dalam sintesis asam askorbat (vitamin C) di industri kimia, menjadikannya komponen penting.

e. Stabilizer dan Emulsifier.

Dalam farmasi, sorbitol digunakan sebagai stabilizer untuk menjaga konsistensi produk seperti sirup obat batuk dan sebagai emulsifier untuk menghomogenkan campuran.





BAB XI KESIMPULAN

Hasil analisis pada Pra Rancangan Pabrik Sorbitol dari Glukosa dengan Proses Hidrogenasi Katalitik diperoleh beberapa kesimpulan, sebagai berikut:

1. Pabrik direncanakan beroperasi selama 330 hari per tahun dengan kapasitas produksi sebesar 75.000 ton/tahun.
2. Proses yang digunakan adalah hidrogenasi katalitik dengan katalis nikel dalam reaktor trickle bed, menghasilkan konversi 99,9%.
3. Bahan baku utama yang digunakan dalam proses pembuatan sorbitol adalah glukosa dan hidrogen.
4. Lokasi pabrik direncanakan didirikan di Kawasan Industri JIPE, Kabupaten Gresik, Jawa Timur, berbentuk PT dengan jumlah tenaga kerja 157 orang.
5. Analisa ekonomi yang diperoleh adalah sebagai berikut:

- Total Capital Investment (TCI): Rp790.676.330.027,83
 - Pay Out Time (POT): 3,23 Tahun
 - Break Even Point (BEP): 44,28 %
 - Shut Down Point (SDP): 23,54 %
 - Laba Bersih: Rp140.843.318.577,04
6. Berdasarkan hasil tersebut, Pra Rancangan Pabrik Sorbitol Dari Glukosa Dengan Proses Hidrogenasi Katalitik Kapasitas 75.000 Ton/Tahun layak untuk didirikan karena memenuhi kelayakan teknis, ekonomis, serta mendukung kebutuhan industri sorbitol di Indonesia.



DAFTAR PUSTAKA

- Aries, R. S., & Newton, R. F. (1955). *Chemical Engineering Cost Estimation*. New York: McGraw-Hill.
- Babcock & Wilcox. (2017). *Steam: Its Generation and Use* (42nd ed.). Barberton, OH: Babcock & Wilcox Company.
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2023). *Data Impor dan Ekspor Sorbitol di Indonesia (2019–2023)*. Jakarta: BPS.
- Brownell, L. E., & Young, E. H. (1959). *Process Equipment Design*. New York: John Wiley & Sons.
- Chemengonline. (2020). *Chemical Engineering Plant Cost Index (CEPCI)*. Retrieved from <https://www.chemengonline.com/pci>
- Considine, D. M. (1985). *Process/Industrial Instruments and Controls Handbook* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Coulson, J. M., Richardson, J. F., Sinnott, R. K., & Butterworth, D. (1999). *Chemical Engineering, Volume 6: Design* (3rd ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Coulson, J. M., Richardson, J. F., Sinnott, R. K., & Towler, G. (2005). *Chemical Engineering, Volume 6: Design* (4th ed.). Oxford: Elsevier.
- Dechamp, J., Brahme, P., & Doraiswamy, L. K. (1995). Mechanistic insights into catalytic hydrogenation of glucose to sorbitol. *Journal of Catalysis*, 18(2), 125–135.
- Faith, W. L. (1965). *Chemical Process Principles*. New York: John Wiley & Sons.
- Fogler, H. S. (1991). *Elements of Chemical Reaction Engineering* (2nd ed.). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

- Hill, M. (1977). *Thermodynamics of Catalytic Reactions*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Kassim, S. M., & Rice, S. A. (1981). Electrochemical reduction of glucose: An Analysis. *Electrochimical Acta*, 26(1), 37–46.
- Kementerian Ketenagakerjaan Republik Indonesia. (2018). Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2018 tentang Nilai Ambang Batas Faktor Fisika dan Kimia di Tempat Kerja. *Berita Negara Republik Indonesia Tahun 2018 Nomor 654*. Jakarta: Kementerian Ketenagakerjaan RI.
- Kementerian Perindustrian. (2023). *Statistik Konsumsi Sorbitol Nasional*. Jakarta: Kemenperin.
- Kirk-Othmer. (2005). *Encyclopedia of Chemical Technology* (5th ed.). Hoboken, NJ: Wiley.
- Ludwig, E. E. (1995). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants* (3rd ed., Vol. 3). Houston, TX: Gulf Publishing.
- Ludwig, E. E. (2001). *Applied Process Design for Chemical and Petrochemical Plants* (3rd ed., Vol. 1). Houston, TX: Gulf Publishing.
- Maulida, F. (2022). Pabrik sorbitol dari dektrosa dengan proses hidrogenasi katalitik menggunakan trickle bed reaktor (Skripsi sarjana, Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur).
- Mitchell, J. (2015). *Boiler Water Treatment: Principles and Practice*. London: IWA Publishing.
- Moreno, A., Garcia, P., & Lopez, J. M. (2020). Advances in ruthenium catalysts for hydrogenation of glucose to sorbitol. *Catalysis Today*, 35(7), 210–219.
- Perry, R. H., & Chilton, C. H. (1973). *Chemical Engineers’ Handbook* (5th ed.). New York: McGraw-Hill.

- Perry, R. H., & Green, D. W. (1997). Perry's Chemical Engineers' Handbook (7th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (1999). Perry's Chemical Engineers' Handbook (8th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Perry, R. H., & Green, D. W. (2019). Perry's Chemical Engineers' Handbook (9th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (1991). Plant Design and Economics for Chemical Engineers (4th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Peters, M. S., & Timmerhaus, K. D. (2002). Plant Design and Economics for Chemical Engineers (5th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Putri, A. (2024). Pra-rancangan pabrik sirup glukosa dari pati ubi kayu (Skripsi sarjana, Universitas Diponegoro). Universitas Diponegoro Repository.
- Republik Indonesia. (1970). Undang-Undang Nomor 1 Tahun 1970 tentang Keselamatan Kerja. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1970 Nomor 1. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2003). Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2003 tentang Ketenagakerjaan. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2003 Nomor 39. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Republik Indonesia. (2009). Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140. Jakarta: Sekretariat Negara.
- Severn, W. H. (1972). Boiler Design and Engineering. New York: McGraw-Hill.
- Sinnott, R. K. (2019). Coulson & Richardson's Chemical Engineering Design (6th ed.). Oxford: Elsevier.
- Smith, J. M., Van Ness, H. C., & Abbott, M. M. (1949). Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics. New York: McGraw-Hill.

- Towler, G., & Sinnott, R. K. (2008). *Chemical Engineering Design: Principles, Practice and Economics of Plant and Process Design*. Oxford: Elsevier.
- Ulrich, G. D. (1984). *A Guide to Chemical Engineering Process Design and Economics*. New York: John Wiley & Sons.
- Umam, A., Rahmawati, N., & Sari, D. (2019). Studi sorbitol sebagai produk turunan glukosa. *Jurnal Teknologi Kimia*, 5(2), 45–52.
- US Patent 4322569A. (1982). *Process for the Production of Sorbitol by Catalytic Hydrogenation of Glucose*. Washington, DC: United States Patent Office.
- White, F. M. (2008). *Fluid Mechanics* (7th ed.). New York: McGraw-Hill.
- Yaws, C. L. (1999). *Thermophysical Properties of Chemicals and Hydrocarbons*. New York: Gulf Publishing.
- Zuriana, S. A., & Sakinah, A. M. M. (2017). Biotechnological methods for sorbitol production. *Journal of Biochemical Engineering*, 14(3), 189–196.

