

PRARANCANGAN PABRIK SORBITOL DARI TEPUNG TAPIOKA KAPASITAS 18.500 TON/TAHUN

Ayu Salsabilla Ning Tyas , Nur Aisyah , Nurjannah , Fitrah Jaya

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo
No.Km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Abstrak

Proses pembuatan Sorbitol dilakukan dengan proses hidrogenasi katalitik. Bahan baku tepung tapioka diumpukan kedalam reaktor liquifikasi dengan suhu operasi 95°C dan tekanan 1 atm. Produk yang dihasilkan berupa slurry glukosa kemudian dimurnikan di evaporator. Pabrik Sorbitol ini dirancang dengan kapasitas 18.500 ton/tahun, menggunakan bahan baku Tepung Tapioka sebesar 2588,9 kg/jam. Pabrik direncanakan beroperasi secara kontinyu selama 330 hari dalam satuan tahun. Utilitas yang diperlukan terdiri dari air 7899,8 kg/jam, daya listrik 144 Kw/jam di *supply* dari PLN dengan cadangan generator, bahan bakar 823,1 liter/jam. Pabrik direncanakan akan didirikan di daerah Kabupaten Pati, Jawa Tengah karena merupakan kawasan industri strategis dengan luas tanah yang diperlukan 11.7 m² dan jumlah tenaga kerja yang diserap sebanyak 150 Orang. Bentuk badan usaha yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dan bentuk organisasinya adalah organisasi garis yang dipimpin oleh direktur utama. Modal tetap (*fixed capital*) yang diperlukan Rp 645 miliar dan modal kerja (*working capital*) sebanyak Rp 243 miliar. Biaya produksi (*manufacturing cost*) Rp 714 miliar dan biaya pengeluaran umum (*general expenses*) Rp 172 miliar. Keuntungan sebelum pajak Rp 353 miliar dan sesudah pajak Rp 265 miliar. Pabrik ini tergolong beresiko rendah dengan *Return Of Investment* (ROI) sebelum pajak 55 % dan sesudah pajak 41 %. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak 1,43 tahun dan sesudah pajak 1,78 tahun. *Discounted Cash Flow* (DFC) 59 %, *Break Event Point* (BEP) 42,02 % dan *Shut Down Point* (SDP) 20 %. Berdasarkan evaluasi ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pabrik pembuatan Sorbitol dari tepung tapioka ini layak untuk didirikan.

Abstract

The process of making Sorbitol is carried out using a catalytic hydrogenation process. The raw material for tapioca flour is fed into the liquification reactor with an operating temperature of 95°C and a pressure of 1 atm. The resulting product is a glucose slurry which is then purified in an evaporator. This Sorbitol factory is designed with a capacity of 18,500 tons/year. using tapioca flour as raw material of 2588.9 kg/hour. The factory is planned to operate continuously for 330 days per year. The utilities required consist of water 7899.8 kg/hour, electric power 144 Kw/hour supplied from PLN with generator backup, fuel 823.1 liters/hour. The factory is planned to be established in the Pati Regency area, Jawa Tengah because it is a strategic industrial area with a required land area of 11,7 m² and a total workforce of 150 people. The planned business entity form is a Limited Liability Company (PT) and the organizational form is a line organization led by the main director. The fixed capital required is IDR 645 billion and working capital is IDR 243 billion. Production costs (manufacturing costs) IDR 714 billion and general expenses IDR 172 billion. Profit before tax was IDR 353 billion and after tax IDR 265 billion. This factory is classified as low risk with a Return of Investment (ROI) before tax of 55% and after tax of 41%. Pay Out Time (POT) before tax is 1.43 years and after tax is 1.78 years.

Sejarah Artikel

Submitted 23 Januari
2024

Accepted 29 Januari 2024

Published 30 Januari
2024

Kata Kunci: Sorbitol,
Tepung Tapioka, Reaktor
Liquifikasi

Sejarah Artikel

Submitted 23 Januari
2024

Accepted 29 Januari 2024

Published 30 Januari
2024

Key Wrds : Sorbitol,
Tapioca Flour,
Liquification Reactor

Discounted Cash Flow (DFC) 59%, Break Event Point (BEP) 42.02% and Shut Down Point (SDP) 20% - Based on this economic evaluation, it can be concluded that this factory making Sorbitol from tapioca flour is feasible to be established.

Keywords: Sorbitol, Tapioca Flour, Liquification Reactor

PENDAHULUAN

Kebutuhan pokok masyarakat dunia salah satunya adalah gula. Besarnya peran gula dalam dunia mendorong munculnya gula-gula alternatif sebagai bahan pemanis buatan. Berdasarkan proses produksi dikenal suatu jenis yaitu sintesis dan natural. Pemanis sintesis dihasilkan dari proses kimia, contohnya gula siklamat, aspartam, alimat, dan sakarin. Pemanis natural dihasilkan dari proses ekstraksi atau isolasi dari tanaman dan buah secara enzimatis, contohnya sukrosa, glukosa, fruktosa, sorbitol, manitol, dan isomalt.[1]

Indonesia sampai saat ini sudah terdapat beberapa produsen sorbitol. Namun demikian seiring berjalannya waktu perkembangan industri makanan dan farmasi begitu pesat maka kebutuhan akan sorbitol juga meningkat. Produsen terbesar di Asia Pasifik adalah PT. Sorini Argo Asia Corporindo, yang juga merupakan produsen sorbitol terbesar kedua di dunia setelah Roquette Freres, Perancis. PT. Sorini mendistribusikan produknya ke MNC seperti Unilever, P&G, dan Colgate-Palmolive. PT. Sorini mampu mendistribusikan produknya sebesar 45% untuk pangsa pasar Asia Pasifik (kecuali Jepang), 30% di Jepang, 10% di Afrika, 7% Timur Tengah dan Eropa, dan 8% di Jepang . untuk memenuhi kebutuhan sorbitol di Indonesia masih mengandalkan impor.[2]

Masyarakat akan tetap mengkonsumsi kebutuhan sehari - hari seperti pasta gigi, vitamin C, sereal, permen, dan lain-lain karena merupakan kebutuhan dasar, sedangkan sorbitol merupakan bahan baku pembuatan kebutuhan sehari- hari tersebut. Semakin tinggi tingkat konsumsi masyarakat maka akan berdampak pada peningkatan permintaan produk sorbitol dan turunan lainnya . Melihat dari besarnya pasar yang bisa dicakup oleh sorbitol dan juga adanya sorbitol yang diimpor dari luar negeri. Sehingga pabrik sorbitol masih memiliki prospek yang bagus baik dalam negeri maka perlu didirikannya pabrik sorbitol di Indonesia untuk memenuhi kebutuhan sorbitol dalam negeri [3]

Proses Pembuatan Sorbitol ada dua jenis yaitu proses Reduksi Elektrolitik dan Hidrogenasi Katalitik Perbandingan 2 proses tersebut dapat dilihat pada tabel 1 berikut:

Tabel 1. Perbandingan proses pembuatan Sorbitol [4]

No	Parameter	Proses	
		Reduksi Elektronik	Hidrogenasi Katalitik
1.	Segi Proses <ul style="list-style-type: none"> Bahan Baku Konversi Reaksi 	Tepung Tapioka Lambat, waktu yang dibutuhkan lama untuk mencapai produk yang diinginkan	Tepung Tapioka Cepat, waktu yang dibutuhkan lebih cepat untuk mencapai produk yang diinginkan
2.	Kondisi Operasi <ul style="list-style-type: none"> Tekanan Temperature 	125 atm 120-140 °C	70-140 atm 120-150°C
3.	Segi Ekonomi	Harga elektroda untuk elektrolisis mahal serta	Harga bahan baku penunjang mudah

No	Parameter	Proses	
		Reduksi Elektronik	Hidrogenasi Katalitik
		membutuhkan power yang besar untuk elektrolisi.	didapa dan cukup terjangkau
4.	Penggunaan Proses	Jarang digunakan	Umum digunakan

Parameter pemilihan proses seperti pada tabel di atas maka dapat ditentukan proses pembuatan sorbitol cair 70% menggunakan proses Hidrogenasi Katalitik untuk meningkatkan kualitas produk yang tinggi namun tetap menekan biaya produksi.

Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan teknis maupun ekonomis. Untuk menentukan kapasitas pabrik diperlukan data-data produksi dan pemakaian bahan, yang dapat diperoleh dari data Biro Pusat Statistika (BPS) atau Kementerian Perindustrian. Dengan analogi dari persamaan untuk menghitung harga, maka perkiraan volume produksi, ekspor dan impor sorbitol (dalam ton) dapat dihitung. Data pertumbuhan ekspor, impor, produksi, konsumsi Sorbitol dapat dilihat pada tabel 2 dan 3 berikut:

Tabel 2. Data Pertumbuhan Ekspor dan Impor Sorbitol di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan Impor	Ekspor (ton)	Pertumbuhan Ekspor
2013	3.466	0,0000	72.575	0,000
2014	3.015	-0,1301	83.549	0,151
2015	1.411	-0,5320	69.612	-0,167
2016	3.288	1,3303	66.602	-0,043
2017	4.266	0,2974	65.178	-0,021
Rata-rata (i)		0,9656		-0,080

Tabel 3. Data Perkembangan Produksi dan Konsumsi Sorbitol di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton)	Pertumbuhan Konsumsi	Produksi (ton)	Pertumbuhan Produksi
2013	211.657	0,0000	230.765	0,0000
2014	284.827	0,3457	205.362	-0,1101
2015	202.469	-0,2892	170.670	-0,1689
2016	257.698	0,2728	200.000	0,1719
2017	263.536	0,0227	200.448	0,0022
Rata-rata (i)		0,3520		-0,1049

Perhitungan kapasitas pabrik menggunakan persamaan yaitu $F_{\text{tahun}} \text{ yang dicari} = F_{\text{tahun terakhir}} \text{ dari data} \times (1+i)^n$, dimana $i = \frac{\sum \%P}{n}$. Keterangan: n adalah Selisih tahun, i adalah Pertumbuhan rata-rata per tahun, %P adalah Persen pertumbuhan per tahun dan n adalah Jumlah data %P. [5]

Kapasitas produksi Sorbitol yang dapat rancang pada tahun 2028 yaitu sebesar 18.500 ton/tahun, dengan harapan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang diperkirakan akan terus mengalami kenaikan dan bisa diekspor, dapat merangsang berdirinya industri-industri kimia lainnya yang menggunakan bahan baku maupun bahan pembantu Sorbitol, dapat memperluas lapangan kerja.

PROSES PEMBUATAN SORBITOL

Proses pembuatan Sorbitol dengan proses hidrogenasi katalitik dibagi menjadi empat tahapan proses yaitu:

a. Liquifaction

Tepung tapioka dari tangki penampung dengan kadar air 9.7 % diangkut dengan menggunakan screw conveyor dan bucket elevator menuju tangki pencampur. Disini tepung tapioka dicampur dengan CaCl_2 yang telah dilarutkan dalam larutan pengencer (air) sehingga persentase tepung tapioka terhadap air 33%. Larutan CaCl_2 ditambahkan sebagai kofaktor bakteri termamyl, yaitu zat yang dapat membantu kerja enzim supaya aktivitasnya lebih tinggi, kondisi optimum pada tangki ini adalah pH 6. Tangki pencampur dilengkapi dengan pengaduk agar pencampuran rata. Serta waktu tinggal diperkirakan 10 – 15 menit. Campuran tersebut kemudian membentuk suspensi pati dan suspensi pati yang telah tercampur dimasukkan ke dalam jet cooker. Proses pada jet cooker ini bertujuan agar suspensi pati dapat larut sempurna dan khususnya pada saat proses sakarifikasi dapat berjalan lebih mudah, selain itu dalam hal pemurnian lebih ekonomis serta lebih cepat tanpa kehilangan produk lebih banyak. Dalam jet cooker diinjeksikan uap sehingga suspensi pati mengalir dengan arah turbulen dan dipanaskan pada suhu 105°C . [6]

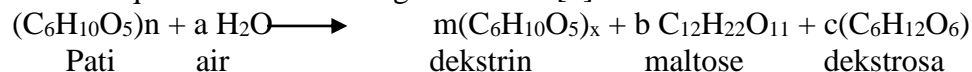
b. Main Process

Pembentukan Sorbitol menggunakan Reaktor Alir Tangki Berpengaduk (RATB) yang berfungsi untuk mereaksikan larutan asam sulfat 5% dengan larutan sodium silikat. Reaktor bekerja pada suhu 90°C dan pada tekanan 1 atm serta konversi reaktor sebesar 99,4%. Produk yang keluar dari reaktor berupa Sodium Silikat, Asam Sulfat, Silikon Oksida (Sorbitol), Sodium Sulfat dan air. Reaksi yang terjadi didalam reaktor :

1. Liquifikasi

Suspensi pati dimasukkan dalam tangki liquifikasi dengan tujuan untuk memecah rantai pati yang telah tergelatinasi menjadi dekstrin dan sejumlah kecil karbohidrat. Ikatan α -1,4 dalam amilosa maupun amilopektin yang terdapat di dalam pati dihidrolisa secara acak oleh α -amilase sehingga dapat menurunkan viscositas dan meningkatkan harga DE (Dekstrose Ekuivalen). Pada proses ini terbentuk larutan dekstrin. Setelah proses gelatinasi selesai, cairan dipompakan ke reaktor liquifikasi melalui tangki pendingin yang akan mendinginkan cairan hidrolisat hingga mencapai suhu 95°C . Dalam reactor liquifikasi ditambahkan enzyme α -amilase.

Reaksi liquifikasi adalah sebagai berikut : [7]



Reaktor dilengkapi dengan pengaduk agar suhu dalam reaktor tetap merata dan dilengkapi pula dengan jacket karena reaksi yang terjadi dalam reactor adalah eksothermis. Temperatur reaksi 95°C . Dari reaktor liquifikasi, larutan dekstrin dipompa ke dalam cooler untuk menurunkan suhu menjadi 60°C , karena pada proses selanjutnya yaitu sakarifikasi suhu optimum yang diperbolehkan yaitu 60°C .

2. Sakarifikasi

akan menuju ke UPL. Sedangkan filtrat (liquid) yang berupa sorbitol ditampung ke dalam tangki penampung.

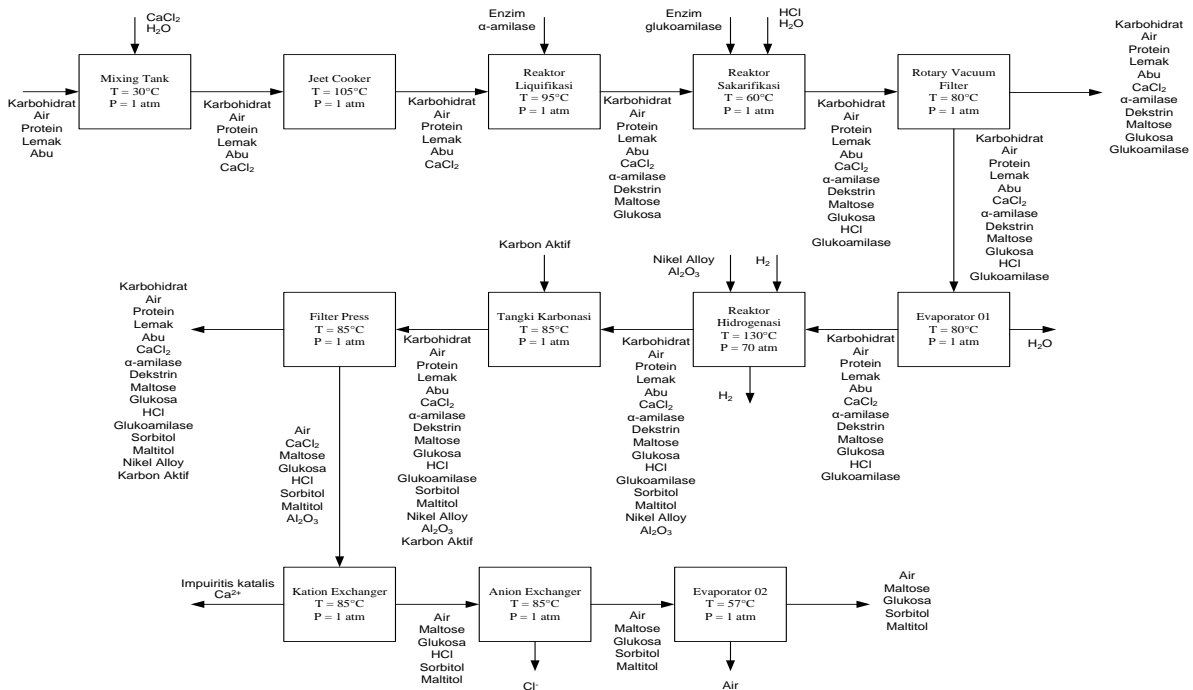
3. Ion Exchanger

Ion exchanger berfungsi untuk memisahkan pengotor berupa Al_2O_3 yang merupakan bagian impuritis dari katalis Raney Nickel dan Cl^- yang merupakan B3. Dalam pabrik ini memakai kation – anion exchanger. Resin yang digunakan untuk mengikat ion ini adalah resin kation - anion dengan gugus sulfonil. [9]

d. Finishing

Larutan sorbitol dari tangki penampung akan dialirkan menuju evaporator. Disini bertujuan untuk memekatkan larutan sorbitol dari 50% menjadi 75%. Temperatur Larutan sorbitol 75% dari evaporator sebesar $57^{\circ}C$. Larutan tersebut ditampung dalam tangki penampung produk sorbitol. [10]

Diagram alir pembuatan Sorbitol dengan proses Hidrogenasi Katalitik dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif Proses Pembuatan Sorbitol

ANALISA EKONOMI

Perencanaan suatu pabrik perlu ditinjau dari faktor-faktor ekonomi yang menentukan apakah pabrik tersebut layak didirikan atau tidak. Faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan untung rugi dalam mendirikan pabrik Sorbitol adalah sebagai berikut :[11]

Faktor-faktor utama yang perlu ditinjau untuk memutuskan hal ini adalah :

a. Laju Pengembalian Modal (*Internal Rate of Return / IRR*)

Hasil perhitungan pada perhitungan ekonomi, didapatkan harga $i = \%$ yang mana lebih besar dari harga i untuk bunga pinjaman yaitu 15% per tahun. Harga $i = 59\%$ yang didapatkan dari perhitungan menunjukkan bahwa pabrik ini layak didirikan dengan kondisi tingkat bunga pinjaman 15% per tahun. [12]

b. Waktu Pengembalian Modal (*Pay Out Time / POT*)

Perhitungan yang dilakukan pada perhitungan ekonomi diperoleh waktu pengembalian modal minimum adalah 1,78 tahun. Nilai POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik yaitu 9 tahun, menunjukkan pabrik ini layak untuk didirikan. [13]

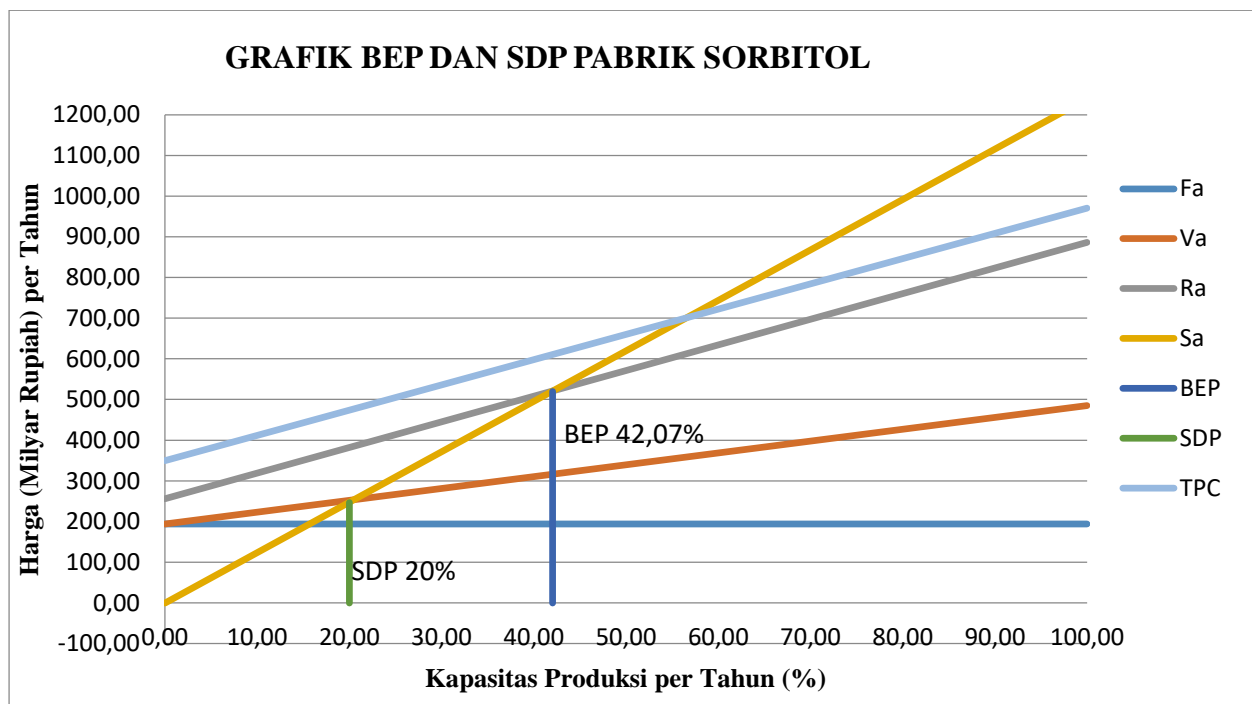
c. Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

Analisa titik impas digunakan untuk mengetahui besarnya kapasitas produksi dimana biaya produksi total sama dengan hasil penjualan. Biaya tetap (F_a), Biaya variabel (V_a), *Regulated cost* (R_a) dan biaya total tidak dipengaruhi oleh kapasitas produksi (S_a). Nilai Titik Impas (BEP) pada Lampiran Ekonomi sebesar 42,02%. [14]

d. *Shut Down Point* (SDP)

SDP adalah suatu titik atau saat suatu penentuan aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain variabel cost yang terlalu tinggi, atau bisa juga keputusan management akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan profit). Nilai SDP pada lampiran ekonomi sebesar 20%. [15]

Grafik penentuan titik BEP dan SDP pabrik Sorbitol dapat dilihat pada gambar 2 berikut:



Gambar 2 Grafik *Break Event Point* (BEP)

KESIMPULAN

Kapasitas produksi pabrik Sorbitol yang akan didirikan yaitu 18.500 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 150 orang dan uas tanah yang dibutuhkan adalah 11.658 m². Hasil analisa ekonomi diperoleh total modal investasi sebesar Rp 645.215.733.606, pengeluaran umum sebesar Rp 172.210.301.341, *pay out time* sebesar 1,78 tahun, *return of investment* sebesar 41%, *break even point* sebesar 42,02%, *shut down point* sebesar 20% dan *internal rate of return*

sebesar 59%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Pabrik Sorbitol menggunakan bahan baku tepung tapioka layak untuk didirikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih terutama ditujukan kepada pemberi dana dalam penyusunan prarancangan pabrik kimia. Ucapan terima kasih dapat juga disampaikan kepada pihak-pihak yang membantu pelaksanaan penyusunan prarancangan pabrik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. York, C. Brisbane, T. Singapore, and G. D. Ulrich, “John Wiley & Sons a Guide To Chemical Engineering Process Design and Economics”.
- [2] H. Silla, *Economis for Chemical Engineers*. doi: 10.1201/9780203912454.ch6.
- [3] “Brown, G.G - Unit Operations.pdf.”
- [4] J. R. Backhurst, J. H. (John H. Harker, J. F. (John F. Richardson, and J. M. (John M. Coulson, “Coulson & Richardson’s chemical engineering, J.M. Coulson and J.F. Richardson. Solutions to the problem in chemical engineering, volume 1,” vol. 1, p. 332, 2001.
- [5] A. Gupta, “Physical and Chemical Properties Temperature From Empirical,” *Theguardian*, pp. 1–80, 2013.
- [6] J. J. McKetta and W. A. Cunningham, *Encyclopedia of Chemical Processing and Design*. 2021. doi: 10.1201/9781003209812.
- [7] S. Perry, R. H. Perry, D. W. Green, and J. O. Maloney, *Perry’s chemical engineers’ handbook*, vol. 38, no. 02. 2000. doi: 10.5860/choice.38-0966.
- [8] “Kirk_outhmer v1_ Encyclopedia of Chemicalm Technologi, vol 1.pdf.”
- [9] J. B. Joshi and L. K. Doraiswamy, *Chemical reaction engineering*. 2008. doi: 10.1201/9781420087567-13.
- [10] C. Geankoplis, “146254681-Transport-Processes-and-Unit-Operations-Geankoplis-pdf.pdf.” p. 938, 1993.
- [12] M. Peters and K. Timmerhaus, *Plant desing and Economics for Chemical Engineers*, vol. 2, no. 4. 1994.
- [12] J. Bralla, “Handbook of manufacturing processes,” 2006, [Online]. Available: http://digilib.mercubuana.ac.id/manager/file_ebook/Isi1687720554214.pdf
- [13] F. Riyadi and F. R. Anggara, “Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Oleh Pemerintah Daerah Kudus Perspektif Fiqh Bi’ah,” *YUDISIA J. Pemikir. Huk. dan Huk. Islam*, vol. 13, no. 1, p. 19, 2022, doi: 10.21043/yudisia.v13i1.14290.
- [14] M. T. Ipm and M. T. Ipm, *Dr. Ir. La Ifa, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng. Dr. Ir. Nurdjannah, S.T., M.T. IPM, ASEAN Eng.*
- [15] D. Shallcross, “Process Equipment Design,” *Chemical Engineering Explained: Basic Concepts for Novices*. pp. 324–346, 2023. doi: 10.1039/bk9781782628613-00324.