PRA PERANCANGAN PABRIK DINATRIUM FOSFAT HEPTAHIDRAT DARI NATRIUM KLORIDA DAN ASAM FOSFAT

Nurul Kurnia Putri[1], Hendro Ferdiyanto[2], Kartika Udyani[3]
Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS)[123]
E-mail: *nurulkp11@gmail.com[1], chonk_henzip@yahoo.com[2], dan kudayani@itats.ac.id[3]*

ABSTRACT

Disodium phosphate heptahydrate has the chemical formula $Na_2HPO_4.7H_2O$ with CAS registration number 7782-85-6. Disodium phosphate heptahydrate is widely used in the detergent, paper and textile industries, however, there is no disodium phosphate factory in the country, causing dependence on imports. disodium phosphate heptahydrate to other countries. The design of the disodium phosphate heptahydrate factory is planned to have a capacity of 10,000 tons/year by reacting two materials, namely salt compounds (NaCl) and phosphoric acid (H_3PO_4). Raw materials were obtained from PT Garam and PT Petrokimia Gresik. The factory is planned to be established in Lamongan, East Java, which will employ 185 employees for 330 days a year. This location was chosen taking into account the distance to the availability of raw materials. The factory will be established in the form of a Limited Liability Company (PT). The production process is carried out by reacting two chemical compounds in a reactor with a reaction conversion of 95%, then they will be concentrated using an evaporator and crystallized using a crystallizer. From the economic analysis that has been carried out, fixed capital (fixed capital) was obtained in the amount of IDR 13,259,172,375 and total sales amounted to IDR 271,831,766,197. The rate of return on capital (ROR) was 35.84%. The payback period (POT) is 2.95 years. Breakeven point (BEP) 31.49%. From this economic analysis, it can be concluded that this factory is feasible to establish.

***Keywords** : Dinatrium phosphate heptahydrate, sodium chloride, phosporic acid*

ABSTRAK

Dinatrium fosfat heptahidrat memiliki rumus kimia $Na_2HPO_4.7H_2O$ dengan nomor registrasi CAS 7782-85-6. Dinatrium fosfat heptahidrat banyak digunakan dalam industri deterjen, kertas, dan tekstil, akan tetapi pabrik dinatrium fosfat belum ada di dalam negeri sehingga menyebabkan ketergantungan impor, karena besarnya kebutuhan maka dari itu perlu didirikan pabrik dinatrium fosfat heptahidrat supaya mengurangi ketergantungan impor bahkan negara Indonesia dapat memasok dinatrium fosfat heptahidrat ke negara lain. Perancangan pabrik dinatrium fosfat heptahidrat direncanakan akan memiliki kapasitas sebesar 10.000 ton/tahun dengan mereaksikan dua bahan yaitu senyawa garam (NaCl) dan asam fosfat (H_3PO_4). Bahan baku didapatkan dari PT Garam dan PT Petrokimia Gresik. Pabrik direncanakan akan berdiri di Lamongan, Jawa Timur yang akan mempekerjakan 185 karyawan selama 330 hari dalam satu tahun. Lokasi ini dipilih dengan mempertimbangkan jaraknya dengan ketersedian bahan baku. Pabrik akan didirikan berbentuk Perseroan Terbatas (PT). Proses produksi dilakukan dengan mereaksikan dua senyawa kimia di dalam reaktor dengan konversi reaksi sebesar 95% kemudian akan dipekatkan menggunakan evaporator dan dikristalkan menggunakan kristalisator. Dari analisa ekonomi yang telah dilakukan, didapatkan modal tetap (*fixed capital*) sebesar Rp13.259.172.375 dan total penjualan sebesar Rp271.831.766.197. Laju pengembalian modal (ROR) sebesar 35,84%. Lama pengembalian modal (POT) 2,95 tahun. Titik impas (BEP) 31,49%. Dari analisis ekonomi tersebut maka dapat disimpulkan bahwa pabrik ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci : Dinatrium fosfat heptahidrat, natrium klorida, asam fosfat

PENDAHULUAN

Dinatrium fosfat heptahidrat memiliki rumus $Na_2HPO_4.7H_2O$. Dinatrium Fosfat juga dikenal dengan nama lain Sodium Phosphate Dibasic, Sodium. Senyawa ini didapatkan dengan mereaksikan dua senyawa kimia lain seperti natrium karbonat dengan asam fosfat atau natrium klorida dengan asam fosfat. Asam fosfat dapat diganti juga menggunakan batuan fosfat namun dalam prosesnya akan menjadi lebih rumit karena banyaknya impuritis yang dihasilkan. Proses tersebut akan dilanjutkan dengan proses pemekatan menggunakan evaporator dan proses pengkristalan menggunakan kristalisator [4].

ISSN 2775-5630

Produk dinatrium fosfat heptahidrat dalam skala industri ini tidak bisa langsung dikonsumsi, tetapi produk ini diproduksi untuk memenuhi kebutuhan bahan baku pada industri tekstil, industri kertas, dan detergen yang semakin berkembang di Indonesia, sehingga kebutuhannya juga meningkat, akan tetapi pabrik dinatrium fosfat heptahidrat belum ada di dalam negeri sehingga Indonesia harus bergantung pada impor agar kebutuhannya terpenuhi. Negara China merupakan salah satu importir $Na_2HPO_4.7H_2O$ terbesar di Indonesia. Dengan rata-rata pertumbuhan 0,36% dalam waktu lima tahun terakhir ini merupakan nilai yang cukup kecil, akan tetapi pabrik dinatrium fosfat heptahidrat perlu didirikan untuk memperlancar perkembangan industri sehingga diharapkan Indonesia tidak lagi bergantung pada impor dari negara lain dan dapat meningkatkan devisa negara. Kapasitas produksi ditentukan dari data impor selama lima tahun terakhir dengan asumsi menggantikan jumlah impor dinatrium fosfat heptahidrat di Indonesia pada masa mendatang. Pabrik direncanakan akan berdiri pada tahun 2027. Berikut ini adalah data impor dinatrium fosfat heptahidrat yang disajikan pada **Tabel 1.**

Tabel 1 Data Impor Dinatrium Fosfat Heptahidrat di Indonesia

Tahun	Impor (kg/tahun)	Pertumbuhan (%)
2017	1.634.500	-
2018	1.946.960	0,1912
2019	1.585.320	-0,1857
2020	1.845.240	0,1640
2021	4.234.540	1,2948
Rata-rata pertumbuhan impor per tahun (i)		0,3661

Sumber: WITS, Desember 2023 [13]

Dari data yang disajikan pada **Tabel 1** dengan laju pertumbuhan impor dinatrium fosfat heptahidrat rata-rata (i) yang didapatkan sebesar 0,3661%, maka diperkirakan kebutuhan impor dinatrium fosfat heptahidrat pada tahun 2027 (M) dapat dihitung dengan persamaan *discounted* dengan rumus sebagai berikut:

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

Dimana,

M : jumlah nilai pada tahun 2027 (ton/tahun)
P : jumlah nilai pada tahun 2021 (ton/tahun)
i : rata-rata laju pertumbuhan per tahun (%)
n : selisih tahun 2021 – 2027

Sehingga didapatkan nilai kebutuhan impor magnesium klorida sebesar:

$$M = 4.234.540\ (1+0,3661)^{2027-2021} = 4.376.107$$

Berdasarkan perhitungan dengan rumus discounted tersebut diperoleh jumlah impor dinatrium fosfat heptahidrat pada tahun 2027 sebesar 4376. ton/tahun. Fakta bahwa pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat belum didirikan di Indonesia, dan akan direncanakan untuk didirikan di Indonesia, maka diambil kapasitas 10.000 ton/tahun dengan asumsi bahwa 10.000 ton pertahun merupakan 230% dari kebutuhan impor dinatrium fosfat heptahidrat pada tahun 2027. Diambil 45% untuk kebutuhan dalam negeri yaitu sebesar 4.500 ton/tahun dan sisanya 55% sebesar 5.500 ton/tahun untuk kebutuhan ekspor. Pendirian pabrik dinatrium fosfat heptahidrat memberikan dampak yang sangat baik yaitu devisa negara menjadi lebih meningkat karena bertambah nya kebutuhan ekspor, pabrik-pabrik di Indonesia yang menggunakan bahan baku dinatrium fosfat heptahidrat akan sangat terbantu, serta terbukanya lapangan pekerjaan.

SELEKSI PROSES

Secara umum terdapat dua proses pembuatan dinatrium fosfat heptahidrat berdasarkan bahan bakunya, yaitu:

ISSN 2775-5630

1. Dinatrium fosfat heptahidrat dari asam fosfat dan natrium karbonat
2. Dinatrium fosfat heptahidrat dari asam fosfat dan natrium klorida

Seleksi proses dilakukan untuk memilih proses terbaik yang akan dilakukan untuk memproduksi dinatrium fosfat heptahidrat yang disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2 Seleksi Proses Pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat

Parameter	Metode	
	Netralisasi	**Kristalisasi**
Bahan baku	$Ca_3(PO_4)$, Na_2CO_3, H_2SO_4	NaCl dan H_3PO_4
Bahan Pembantu	NaOH	NaOH
Suhu	80^oC	85-100^oC
Tekanan	Atmosfir	Atmosfir
Potensi Ekonomi	-72,48	599,025

Dari perbandingan yang disajikan **Tabel 2** maka dipilihlah proses pembuatan dinatrium fosfat dengan metode kristalisasi yaitu dari asam fosfat (H_3PO_4) dan natrium klorida (NaCl) dengan alasan:

1. Tidak membutuhkan banyak bahan baku.
2. Harga bahan baku yang lebih ekonomis.
3. Potensial ekonomi yang dihasilkan lebih tinggi [1] [2].

METODE

Impuritis di dalam bahan baku NaCl dihilangkan terlebih dahulu (Mg dan Ca) dengan menambahkan larutan NaOH pada Mixer. Reaksi yang terjadi:

$$CaSO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Ca(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

$$MgSO_4 + 2\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + Na_2SO_4$$

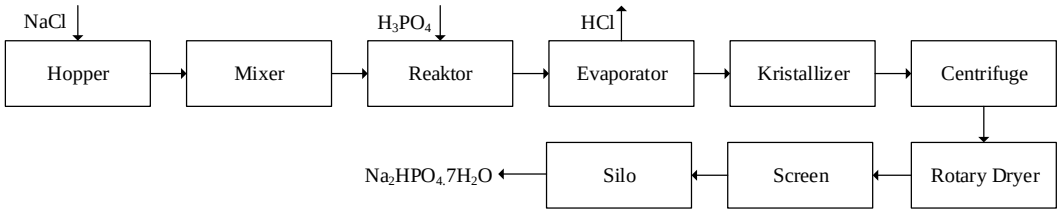
$$MgCl_2 + 2\ NaOH \rightarrow Mg(OH)_2\downarrow + 2\ NaCl$$

Pengotor kemudian akan diendapkan di dalam Clarifier dan dipisahkan menggunakan Filtrasi. NaCl direaksikan dengan H_3PO_4 di dalam reaktor. Reaksi yang terjadi diuraikan di bawah ini:

$$2\ NaCl_{(l)} + H_3PO_{4\ (l)} \rightarrow Na_2HPO_{4\ (l)} + 2HCl_{(l)} \quad \Delta H = 706.136{,}5266\ kJ/mol$$ [3] [8].

Produk yang dihasilkan dari reaksi di atas adalah dinatrium fosfat (Na_2HPO_4) dan asam klorida (HCl). Produk dinatrium fosfat dipekatkan dengan dialirkan ke Evaporator. Asam klorida dan produk samping lain (gas) merupakan hasil samping akan ditampung di tangki penampung. Produk utama dialirkan menuju Kristallizer untuk dikristalkan dan menghasilkan Dinatrium Fosfat Heptahidrat ($Na_2HPO_4.7H_2O$). Produk diumpankan menuju Centrifuge dengan tujuan untuk memisahkan *mother liquor* dan kristal. *Mother liquor* diumpankan kembali menuju Evaporator (*recycle*) [10]. Produk kristal yang keluar dari Kristallizer dialirkan menuju Rotary Dryer setelah itu dialirkan menuju Screen (H-360) untuk diseragamkan ukurannya.

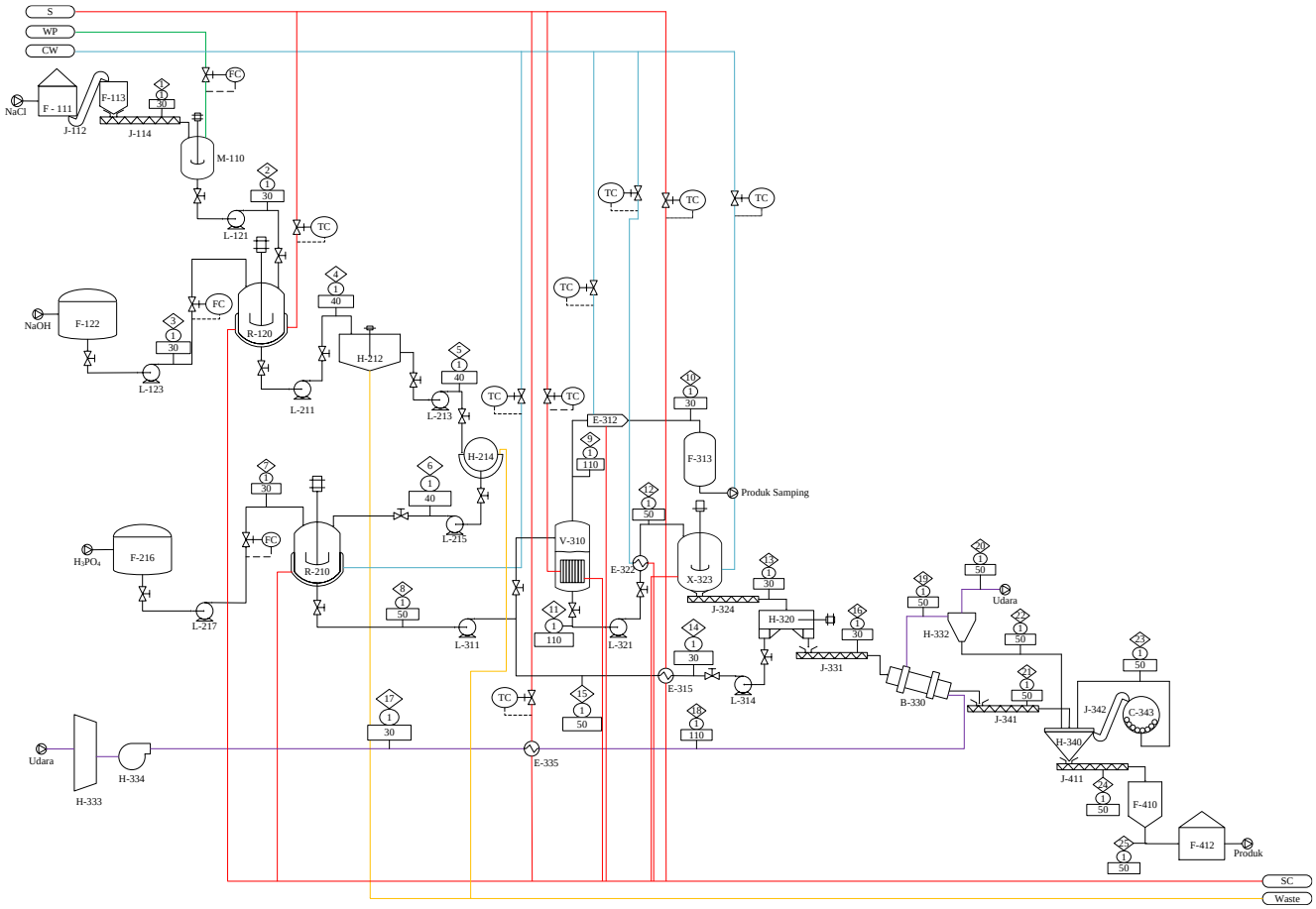
Produk yang sudah seragam ukurannya akan dialirkan ke Silo Produk untuk kemudian dikemas dan dimasukkan ke dalam Gudang Produk dan siap dipasarkan.



Gambar 1 *Flowchart* Pra Rancangan Pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat

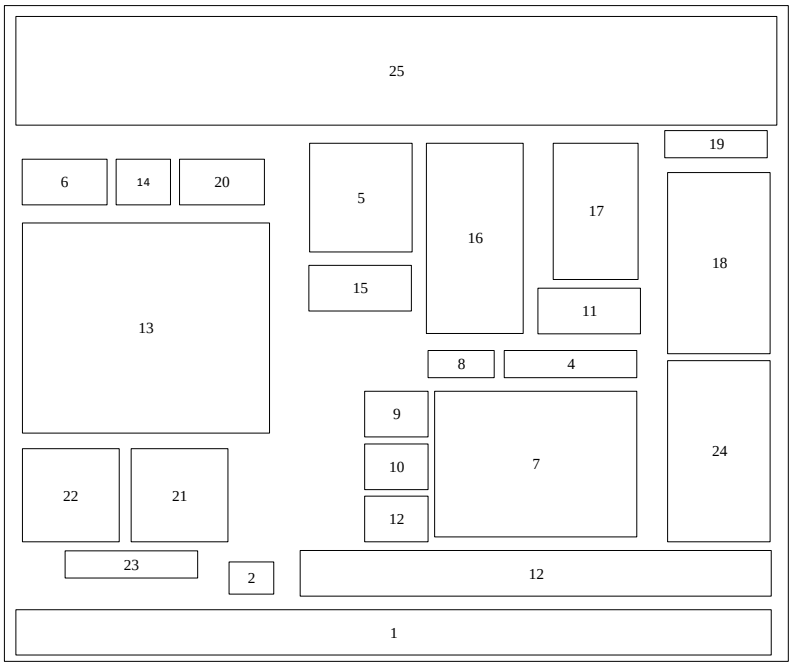
HASIL DAN PEMBAHASAN

Produk dinatrium fosfat heptahidrat akan diproduksi dengan kapasitas 10.000 ton/tahun, Pabrik ini dirancang dengan menggunakan 41 alat yang terdiri dari alat utama dan alat bantu [7] [12]. *Flowsheet* pra rancangan pabrik dinatrium fosfat heptahidrat terlihat pada **Gambar 2.**



Gambar 2 *Flowchart* Pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat

ISSN 2775-5630

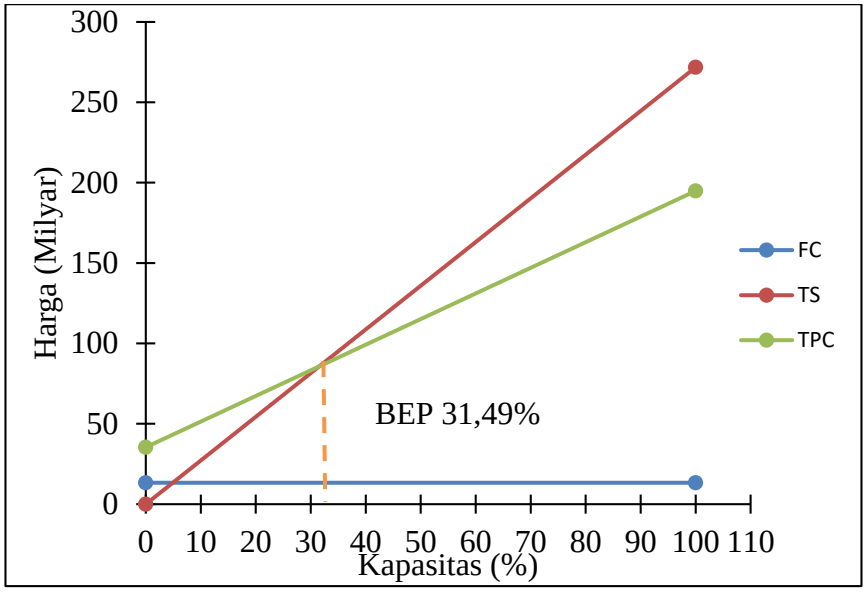


Gambar 2 Tata letak Pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat

Pabrik direncanakan akan beroperasi pada tahun 2027 dan akan dibangun di daerah Lamongan, Jawa Timur. Tata letak ruangan disajikan pada **Gambar 3**. Pabrik dengan 185 karyawan ini akan bekerja selama 3 shift per hari [6]. Karyawan dengan pendidikan terakhir tertinggi akan menempati posisi jabatan yang tinggi dan mendapatkan gaji yang pantas. Terdapat 4 unit pada proses utilitas yang terdiri dari unit penyedia bahan bakar, unit pembangkit listrik, unit penyediaan *steam* dan unit penyediaan air. Berdasarkan perhitungan, kebutuhan bahan bakar sebesar 443,2131 lb/jam, kebutuhan *steam* sebesar 927.852,2257 lb/jam [11], kebutuhan listrik sebesar 298,691 kWh, dan kebutuhan air sebesar 13.993,6447 m^3/hari [5]. Kendala yang diperkirakan akan terjadi pada penyediaan utilitas di dalam pabrik ini seharusnya tidak ada karena pabrik berada dalam kawasan industri yang strategis.

Analisa ekonomi dilakukan untuk mengukur kelayakan pendirian pabrik. Terdapat 3 kriteria dalam analisa ekonomi yang terdiri dari laju pengembalian modal (ROR), waktu pengembalian modal (POT), dan titik impas (BEP) [9]. Pabrik ini akan didirikan dalam bentuk perseroan terbatas (PT) dengan modal pribadi sebesar 60% dan pinjaman sebesar 40%. Analisa ekonomi pada pabrik dinatrium fosfat heptahidrat medapatkan ROR sebesar 35,84%, POT sebesar 2,95 tahun, dan BEP 31,49% yang dapat dilihat pada **Gambar 4**

ISSN 2775-5630



Gambar 3 Grafik BEP

KESIMPULAN

Dari penjelasan dan perhitungan yang telah dilakukan pada bab-bab sebelumnya mengenai Pra Perancangan Pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat Kapasitas 10.000 ton/tahun, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Lokasi : Kemantren, Kecamatan Paciran, Kabupaten Lamongan – Jawa Timur
2. Kapasitas produksi : 10.000 ton/tahun
3. Sistem operasi : *Continue*
4. Lama operasi : 330 hari/tahun
5. Bahan baku utama : Natrium Klorida dan Asam Fosfat
6. Analisa ekonomi :

   FCI : Rp106.073.378.998

   WCI : Rp18.718.831.588

   TCI : Rp124.792.210.585

   TPC : Rp194.884.462.391

   Hasil penjualan per tahun : Rp271.831.766.197

   IRR : 35,84%

   POT : 2,95 tahun

   BEP : 31,49%
7. Sistem organisasi perusahaan ini berbentuk PT (Perseroan Terbatas) yang mempunyai struktur organisasi sistem line staff, yang berarti bahwa setiap kepala bagian atau manager bertanggung jawab atas segala aktivitas dan dalam melaksanakan tugasnya dibantu oleh masing-masing staff

ISSN 2775-5630

dan bawahan sesuai dengan garis organisasinya. Sedangkan untuk jadwal kerja dibagi menjadi 3 shift

8. Jadwal seluruh karyawan di perusahaan ini sebanyak 185 orang. Dari uraian di atas, baik ditinjau dari segi Teknik maupun ekonomi, perencanaan pabrik Dinatrium Fosfat Heptahidrat ini layak untuk didirikan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] "Sodium Hydroxide Caustic Soda-Sodium Hydroxide Caustic Soda Manufacturers, Suppliers and Exporters on Alibaba.comAlkali." Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.alibaba.com/trade/search?spm=a2700.galleryofferlist.pageModule_fy23_pc_search_bar.keydown__Enter&tab=all&searchText=sodium+hydroxide+caustic+soda

[2] "Disodium Phosphate-Disodium Phosphate Manufacturers, Suppliers and Exporters on Alibaba.comPhosphate." Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.alibaba.com/trade/search?spm=a2700.galleryofferlist.pageModule_fy23_pc_search_bar.keydown__Enter&tab=all&searchText=disodium+phosphate

[3] M. Borges, "Yaws chemical properties handbook pdf." Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.academia.edu/39302473/Yaws_chemical_properties_handbook_pdf

[4] "Perry's Chemical Engineers' Handbook - Google Books." Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.google.co.id/books/edition/Perry_s_Chemical_Engineers_Handbook/xYslAQAAIAAJ?hl=id&gbpv=0&bsq=perry%27s%20chemical%20engineer%27s%20handbook

[5] C. J. Geankoplis, "Transport processes and separation process principles," p. 1201, Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Transport_Processes_and_Separation_Proce.html?hl=id&id=CcdpswEACAAJ

[6] D. W. Green and R. H. Perry, *Perry's Chemical Engineers' Handbook, Eighth Edition*. McGraw-Hill Education, 2008. Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://www.accessengineeringlibrary.com/content/book/9780071422949

[7] V. W. Uhl, "A guide to chemical engineering process design and economics, by Gail D. Ulrich, John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore '1984' 472 pages. $35.95," *AIChE Journal*, vol. 30, no. 6, pp. 1036–1036, Nov. 1984, doi: 10.1002/AIC.690300636.

[8] D. M. Himmelblau and J. B. Riggs, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering (8th Edition) (Prentice Hall International Series in the Physical and Chemical Engineering Sciences)", Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://books.google.com/books/about/Basic_Principles_and_Calculations_in_Che.html?hl=id&id=Jk26u6f5-roC

[9] D. Q. Kern, "Process heat transfer," 1990.

[10] Brownell Lloyd E and Young Edwin H, "Design of Pressure Vessels to Code Specifications," *Process Equipment Design*, pp. 1–1, 1959.

[11] "Steam, Air and Gas Power - William Harrison Severns, Howard Edward Degler - Google Buku." Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://books.google.co.id/books/about/Steam_Air_and_Gas_Power.html?id=1MQgAAAAMAAJ&redir_esc=y

[12] "The Engineering ToolBox." Accessed: Feb. 16, 2024. [Online]. Available: https://engineeringtoolbox.com/

[13] "World Integrated Trade Solution" Accessed : Feb 16, 2024. [Online]. Available: https://wits.worldbank.org/Default.aspx?lang=en