



PRARANCANGAN PABRIK RESIN NOVOLAK PHENOL FORMALDEHID DARI FENOL DAN FORMALDEHID KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

(Pre Design Of A Novolac Resin Phenol Formaldehid Phenol and Formaldehid With A Capacity Of 10.000 Tons/Year)

Nurhidayanti*, Desty Adeningsih Baharuddin, Andi Aladin, Setyawati Yani

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

Inti Sari

Resin novolak digunakan sebagai lak, bahan laminating, dan bahan perekat kayu. Kebutuhan resin novolak di Indonesia setiap tahun mengalami peningkatan. Kapasitas pabrik resin novolak ini yaitu 10.000 ton/tahun, beroperasi selama 330 hari. Pabrik direncanakan akan dibangun di Jombang, Jawa Timur dengan jumlah pekerja 154 orang. Pabrik berdiri di tanah seluas 11.658 m². Proses pembuatan Resin Novolak dilakukan dengan proses polimer fenol-formaldehid. Reaksi pembentukan novolak resin merupakan reaksi eksotermis yang terjadi di reaktor tangki alir berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi 95 °C dan tekanan 1 atm. Pabrik resin novolak ini membutuhkan bahan baku fenol sebanyak 1016,217 kg/jam, formaldehid sebanyak 883,346 kg/jam serta katalis asam sulfat sebanyak 12,298 kg/jam. Kebutuhan utilitas pabrik resin novolak meliputi air sebanyak 6312,345 kg/jam, kebutuhan listrik didapat dari PLN dan generator berkapasitas 300 Kw, bahan bakar solar sebanyak 238,035 liter/jam, dan kebutuhan udara bertekanan sebanyak 42,99 m³/jam. Dari analisa ekonomi, pabrik resin novolak ini membutuhkan *fixed capital investment* sebesar RP 282 Miliar dan *working capital* sebesar Rp 136 Miliar. Keuntungan sebelum pajak Rp 178 Miliar per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 133 Miliar per tahun. Analisa kelayakan ini memberikan hasil bahwa *Percent Return On Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 63% dan setelah pajak sebesar 47%. *Pay Out Time* (POT) sebelum pajak sebesar 1,28 tahun sedangkan setelah pajak sebesar 1,60 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 40,16% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 18,49% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 27,13%. Berdasarkan hasil analisa kelayakan ekonomi, maka pabrik resin novolak ini layak untuk didirikan.

Kata Kunci: Resin Novolak, Fenol, Formaldehid, RATB

Key Wrds: *Novolac Resin, Phenol, Formaldehid, CSTR*

Published by

Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)
Makassar- Sulawesi Selatan

Email :

jmpe@umi.ac.id

*Corresponding Author

nurhidayantiabbas@gmail.com



Journal History

Paper received : 15 Juli 2024

Received in revised : 19 Agustus 2024

Accepted : 31 Agustus 2024

Abstract

Novolak Resin is used as a shellac, laminating agent, and Wood Adhesive agent. The need for novolak resin in Indonesia is increasing every year. Novolak resin plant capacity is 10,000 tons / year, operating for 330 days. The factory is planned to be built in Jombang, East Java with 154 workers. The factory stands on 11,658 m² of land. The process of making Novolak Resin is done by phenol-formaldehyde polymer process. Novolak resin formation reaction is an exothermic reaction that occurs in a stirred flow tank reactor (RATB) with operating conditions of 95 oC and a pressure of 1 atm. Novolak resin plant requires phenol raw materials as much as 1016.217 kg/hour, formaldehyde as much as 883.346 kg/hour and sulfuric acid catalyst as much as 12.298 kg/hour. Novolak resin plant utility needs include water as much as 6312.345 kg/hour, electricity needs obtained from PLN and generators with a capacity of 300 Kw, diesel fuel as much as 238.035 liters/hour, and compressed air needs as much as 42.99 m³ / hour. From economic analysis, novolak resin plant requires fixed capital investment of RP 282 billion and working capital of Rp 136 billion. Profit before tax is Rp 178 billion per year, while Profit after tax is Rp 133 billion per year. This feasibility analysis gives the result that the percentage Return on Investment (ROI) before tax is 63% and after tax is 47%. Pay Out Time (POT) before tax is 1.28 years while after tax is 1.60 years. Break Even Point (BEP) of 40.16% capacity, and Shut Down Point (SDP) of 18.49% capacity. Discounted Cash Flow (DCF) of 27.13%. Based on the economic feasibility analysis, the novolak resin plant is feasible to be established.

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara terbesar di dunia. Total penduduk di Indonesia merupakan ke-empat yang terbesar di dunia. Hal ini membuat Indonesia memiliki sumber daya manusia yang melimpah. Keberlimpahan penduduk Indonesia ini harus diikuti kesejahteraan masyarakatnya. Luas wilayah yang luas didukung dengan sumber daya alam dan manusia yang melimpah belum membuat Indonesia menjadi negara maju. Saat ini, Indonesia merupakan salah satu negara berkembang dengan Industri Pertanian dan Pertambangan sebagai hal utama penunjang perekonomian. Globalisasi yang pesat disertai dengan persaingan ekonomi yang ketat, dengan pertumbuhan penduduk yang semakin padat, membuat Indonesia bergerak kearah industri. Sektor industri di Indonesia saat ini menghasilkan produk jadi atau setengah jadi. Pembangunan sektor industri merupakan jangka panjang rencana pembangunan nasional. Sektor industri diharapkan mampu memberikan dampak yang baik terhadap perekonomian Indonesia kedepan.[1]

Berdasarkan proses produksinya, industri diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu industri hulu dan hilir. Dalam pengolahannya menjadi produk, kedua industri ini saling berkaitan. Sebagian produk dari industri hulu merupakan bahan baku dalam industri hilir. Salah satu contoh produk dari industri hulu adalah novolak resin. Novolak resin ($C_7H_8O_2$) adalah resin yang terbentuk dari reaksi fenol dengan formaldehid. Dunia industri, novolak resin dapat digunakan sebagai lak, bahan laminating, bahan perekat kayu, pernis serta panel dinding dekorasi. Kebutuhan akan novolak resin di Indonesia semakin meningkat seiring dengan penggunaannya di industri seperti industri mobil, industri plastik, industri perekat, industri cat dan industri-industri lainnya yang mengakibatkan kebutuhan novolak resin semakin meningkat. Indonesia sendiri sudah ada yang memproduksi novolak resin, akan tetapi tidak sebanding dengan kebutuhan novolak resin. Pendirian pabrik novolak resin di Indonesia sangat penting guna memenuhi kebutuhan dalam negeri. Pendirian pabrik novolak resin dapat membuka lapangan kerja baru dan menekan angka impor, sehingga mengurangi jumlah pengangguran di Indonesia serta meningkatkan pertumbuhan ekonomi negara.[2]

Resin fenol formaldehid biasanya dipreparasi melalui dua metode yang berbeda. Pertama melibatkan katalis asam dengan menggunakan fenol yang berlebih terhadap formaldehid. Produknya disebut novolak resin, dan yang kedua melibatkan katalis basa dengan formaldehid yang berlebih terhadap fenol. Produk yang dibentuk disebut dengan resol.

Kapasitas produksi pabrik berpengaruh pada perhitungan teknis maupun ekonomis. Menentukan kapasitas pabrik diperlukan data-data produksi dan pemakaian bahan, yang dapat diperoleh dari data Biro Pusat Statistika (BPS) atau Kementerian Perindustrian. Analogi dari persamaan untuk menghitung harga, maka perkiraan volume

produksi, ekspor dan impor resin novolak (dalam ton) dapat dihitung. Data pertumbuhan ekspor, impor, produksi, konsumsi resin novolak dapat dilihat pada tabel 1 dan 2 berikut: [3]

Tabel 1. Data Pertumbuhan Ekspor dan Impor Resin Novolak di Indonesia

Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan Impor (%)	Ekspor (ton)	Pertumbuhan Ekspor (%)
2018	18991	-	9020,01	-
2019	19295	2%	10004,49	11%
2020	16887	-12%	8519,24	-15%
2021	21834	29%	5864,20	-31%
2022	18462	-15%	6052,64	3%
Jumlah		3%		-32%
Rata-rata (i)		1%		-8%

Berdasarkan Tabel 1 di atas, dapat dilihat perbandingan pertumbuhan ekspor dan impor resin novolak dalam lima tahun, dimulai dari tahun 2018 hingga tahun 2022. Pada tahun 2020, terjadi penurunan jumlah impor yang signifikan, disebabkan oleh pandemi, sehingga pertumbuhan impor dan eksportnya menurun drastis menjadi -12% dan -15%. Hingga tahun 2022, pertumbuhan ekspor mulai membaik dengan kenaikan sebesar 3%, tetapi pertumbuhan impor masih mengalami penurunan.[4]

Tabel 2. Data Perkembangan Produksi dan Konsumsi Resin Novolak di Indonesia

Tahun	Konsumsi (ton)	Pertumbuhan Konsumsi (%)	Produksi (ton)	Pertumbuhan Produksi (%)
2018	21580,34	-	21610	-
2019	21909,27	2%	27320	26%
2020	22635,2	3%	36230	33%
2021	23720,14	5%	38500	6%
2022	43450,80	83%	46900	22%
Jumlah		93%		87%
Rata-rata (i)		23%		22%

Berdasarkan Tabel 2 di atas, dapat dilihat perbandingan perkembangan produksi dan konsumsi resin novolak dalam lima tahun, dimulai dari tahun 2018 hingga tahun 2022. Pada tahun 2021, terjadi penurunan pertumbuhan produksi yang signifikan yaitu sebesar 6%, yang disebabkan oleh pandemi, sementara pertumbuhan konsumsi mengalami kenaikan sebesar 5%. Pada tahun 2022, pertumbuhan konsumsi dan produksi mulai membaik, dengan kenaikan masing-masing sebesar 83% dan 22%. [5]

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

Kapasitas produksi Resin Novolak yang dapat dirancang pada tahun 2028 yaitu sebesar 10.000 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 Resin Novolak, dan juga memperluas lapangan kerja.[6]

PROSES PEMBUATAN RESIN NOVOLAK

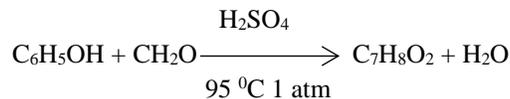
Proses pembuatan Resin Novolak dengan proses Polimer Fenol-Formaldehid dibagi menjadi empat tahapan proses yaitu:

a. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan Baku utama yang digunakan adalah fenol dan formaldehid. Fenol dipersiapkan pada *stronge* pada suhu 30 °C dan tekanan 1 atm kemudian diumpankan ke *mixer* dengan menggunakan konveyor untuk dilarutkan menjadi cair. Saat fenol berubah menjadi cair, suhu dinaikkan menjadi 95 °C dengan menggunakan *heater*. Bahan selanjutnya yaitu formaldehid yang disimpan dalam tangki penyimpanan dengan suhu 30 °C dialirkan ke *mixer* menggunakan pompa yang digunakan sebagai pelarut dari fenol. Selanjutnya suhu dinaikkan menjadi 95 °C dengan menggunakan *heater*. Dialirkan menuju ke reaktor. Asam Sulfat dan NaOH dari tangki bahan baku dengan suhu 30 °C dipompa menuju *heater* untuk diubah suhunya menjadi 95 °C dan 40 °C sesuai dengan kondisi operasi pada reaktor, dan kondisi operasi netralizer.[7]

b. Tahap Reaksi

Bahan baku Bahan baku yang telah disiapkan kondisi operasinya, masuk ke reaktor (R-01). Rasio mol bahan baku yang masuk antara fenol dan formaldehid adalah 1:0,85. Reaktor yang digunakan adalah reaktor tangki alir berpengaduk (RATB) dengan kondisi operasi 95 °C dan tekanan 1 atm. Tahap reaksi di reaktor berlangsung secara eksotermis. Sehingga diperlukan pendingin untuk menjaga suhu reaktor tetap konstan. Media pendingin yang digunakan adalah air pendingin. Untuk mempercepat laju reaksi, ditambahkan katalis asam sulfat (H₂SO₄) sebanyak 1 % dari total berat mol fenol yang masuk sehingga menghasilkan konversi total sebesar 96 % pada dua reaktor.[8]



c. Tahap Penetralan

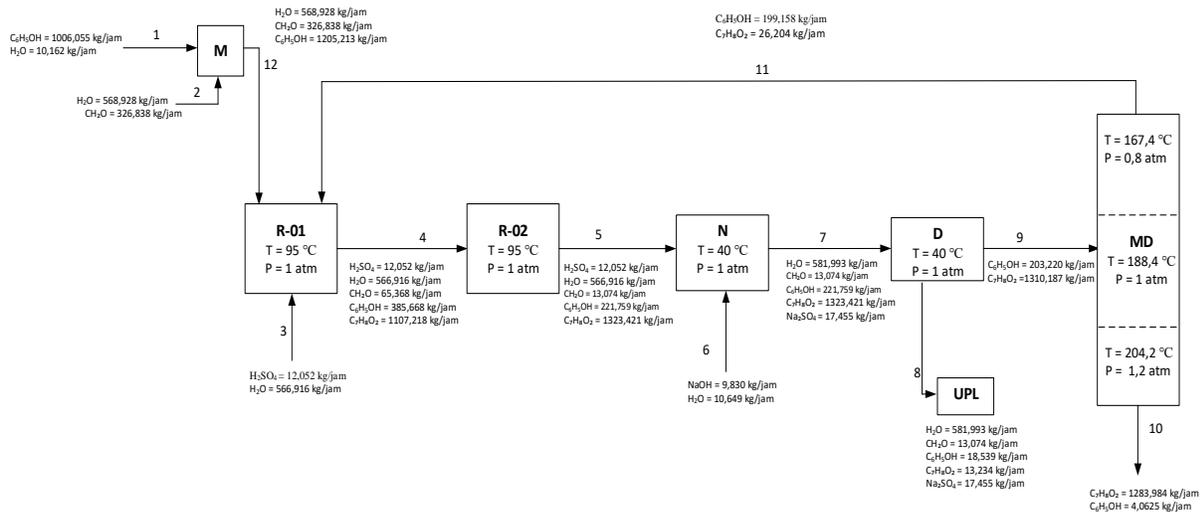
Hasil keluaran reaktor dipompa menuju *cooler* untuk menurunkan suhu hingga 40 °C disesuaikan dengan kondisi operasi netralizer. NaOH yang telah disiapkan ditahap bahan baku, diumpankan ke netralizer. Terjadi proses penetralan antara H₂SO₄ dengan NaOH sehingga menghasilkan Na₂SO₄. Proses berlangsung secara spontan dengan kondisi eksotermis, sehingga diperlukan koil pendingin dengan media air sebagai pendinginnya untuk menjaga suhu dalam netralizer tetap konstan.[9]

d. Tahap Pemurnian

Proses ini berfungsi memisahkan novolak resin dari impuritis untuk mendapatkan novolak resin dengan kemurnian 98 %. Produk dari netralizer dipisahkan fraksi berat dan ringannya dengan menggunakan dekanter (DE), fraksi berat terdiri dari C₆H₅OH, C₇H₈O₂ sedangkan fraksi ringan C₆H₅OH, C₇H₈O₂, CH₂O, H₂O, Na₂SO₄. Fraksi ringan keluar sebagai hasil bawah yang akhirnya dialirkan ke unit pengolahan limbah. Fraksi berat diumpankan menuju menara distilasi (MD).

Menara destilasi bertujuan untuk memisahkan sebagian besar fenol dan novolak resin yang terikut dalam hasil atas dekanter (DE). Umpun masuk menara distilasi (MD) kemudian dialirkan menuju *heater* (HE-05) dengan menggunakan pompa (P-09), yang bertujuan untuk mengubah cairan menjadi cair jenuh. Hasil atas dari menara distilasi (MD) di-*recycle* ke reaktor (R-01), sedangkan hasil bawah adalah campuran yang mengandung sebagian besar novolak resin. Kemudian hasil bawah tersebut dilewatkan *cooler* (CL-02) dan dipompa ke tangki penyimpanan produk (T-05).[10]

Diagram alir pembuatan Resin Novolak dengan proses Polimer Fenol-Formaldehid dapat dilihat pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif Pabrik Resin Novolak

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 $i = 27,18\%$ 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 1,28 tahun. Nilai POT yang didapatkan lebih kecil dari perkiraan usia pabrik yaitu 6 tahun, menunjukkan pabrik ini layak untuk didirikan. [13]

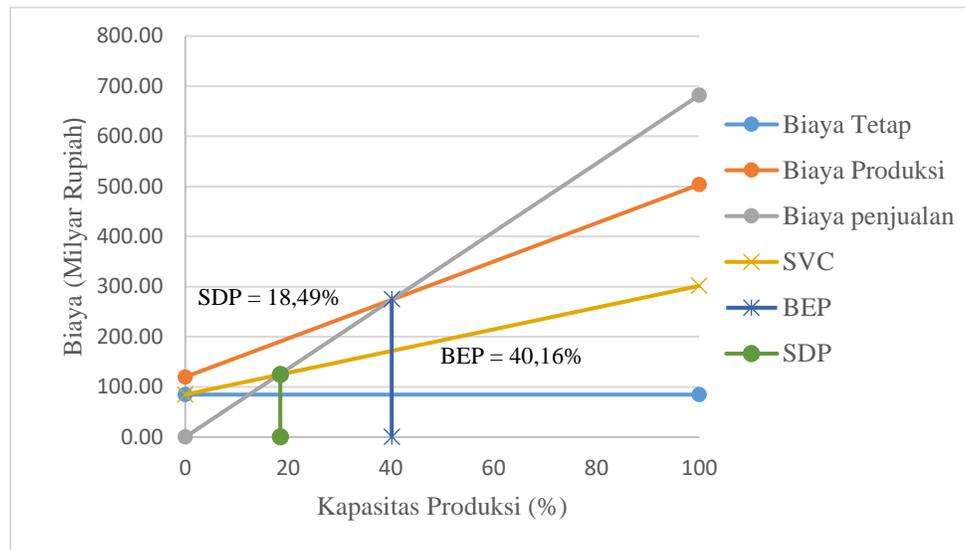
c. Titik Impas (*Break Even Point / BEP*)

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 40,16%. [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 18,49%. [15]

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



Gambar 2 grafik *Break Event Point* (BEP)

Gambar 2 di atas menunjukkan grafik perbandingan kapasitas produksi per tahun dengan harga per tahun untuk menentukan nilai Break Even Point (BEP) dan Shut Down Point (SDP). Nilai BEP diperoleh dari titik persilangan antara biaya produksi (TPC) dan biaya total (SA) sebesar 40,16%, sedangkan nilai SDP, berdasarkan grafik di atas, diperoleh dari titik persilangan antara biaya total (SA) dan garis variabel cost (VA) sebesar 18,5%.

KESIMPULAN

Kapasitas produksi pabrik Resin Novolak yang akan didirikan yaitu 10.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 154 orang dan luas tanah yang dibutuhkan adalah 11.658 m². Hasil analisa ekonomi diperoleh total modal investasi sebesar Rp 282.257.620.534, pengeluaran umum sebesar Rp 98.781.566.922, *pay out time* sebesar 1,28 tahun, *return of investment* sebesar 63%, *break even point* sebesar 40,16%, *shut down point* sebesar 18,49% dan *internal rate of return* sebesar 27,13%. Berdasarkan hasil analisa ekonomi tersebut, maka dapat diambil kesimpulan bahwa Pabrik Resin Novolak Phenol Formaldehid dari Fenol dan Formaldehid 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] L Wiyani, A Aladin, S Yani - *ARPN J. Eng. Appl. Sci*, 2016
- [15] A Aladin, " Penentuan Rasio Optimum Campuran CPO: Batubara dalam Desulfurisasi dan Deasing Secara Flotasi Sistem Kontinyu" - *Jurnal Rekayasa Proses*, 2009.