

PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLORIDA DARI KALSIMUM OKSIDA DAN ASAM KLORIDA DENGAN PROSES NETRALISASI KAPASITAS 30.000 TON/TAHUN

(Preliminary Design of A Calcium Chloride Plant from Calcium Oxide and Hydrochloric Acid Using Neutralization Process with Capacity of 30,000 Tons/Year)

Ahmad Arman^{1*}, Al Fisyar Fadila Putri¹, Zakir Sabara¹, Nurjannah¹

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.km5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Inti Sari

Kalsium klorida dapat dihasilkan dari reaksi antara kalsium oksida (CaO) dengan asam klorida (HCl). Kalsium Oksida (CaO) merupakan hasil olahan dari batu kapur (limestone) yang telah dikalsinasi dan biasa disebut dengan kapur tohor. Kalsium klorida dapat digunakan sebagai zat pengering dan pencair es, sebagai zat aditif dalam proses pembuatan plastik, pipa, semen, beton, dan dalam industri makanan, sebagai sumber ion kalsium yang dapat digunakan dalam bidang kedokteran, dan dapat digunakan dalam pengeboran minyak dan gas. Melihat potensi ini, pendirian pabrik kalsium klorida di Indonesia layak untuk dikaji lebih lanjut. Kapasitas pabrik kalsium klorida ini yaitu 30.000 ton/tahun, beroperasi selama 330 hari. Pabrik direncanakan akan dibangun di Jawa Timur, Kabupaten Gresik dengan jumlah pekerja 117 orang. Pabrik berdiri di tanah seluas 43.805 m². Proses pembentukan kalsium klorida yaitu menggunakan proses netralisasi dan reaksi pembentukan kalsium klorida merupakan reaksi eksotermis yang terjadi di reaktor alir tangka berpengaduk dengan kondisi operasi 50°C. Pabrik kalsium klorida ini membutuhkan bahan baku kalsium oksida sebanyak 2049,4398 kg/jam, dan asam klorida sebanyak 21463,4504 kg/jam. Utilitas pabrik kalsium klorida meliputi air sebanyak 163250,091 m³/jam, kebutuhan listrik sebesar 230,85 kWh, dan bahan bakar solar sebanyak 87,68 kg/jam. Analisa ekonomi pabrik kalsium klorida membutuhkan *total capital investment* sebesar Rp 362 milyar dan *working capital* sebesar Rp 293 milyar. Keuntungan sebelum pajak Rp 219 milyar per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 164 milyar per tahun. Analisa kelayakan ini memberikan hasil bahwa *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 60,41% dan setelah pajak sebesar 45,31%. *Pay Out Time* (POT) setelah pajak sebesar 2,4 tahun. *Break Even Point* (BEP) sebesar 41,65% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 32,83% kapasitas. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 39,14%. Berdasarkan hasil analisa kelayakan ekonomi, maka pabrik kalsium klorida ini cukup menarik untuk didirikan

Kata Kunci: Kalsium Klorida, Netralisasi, Kalsium Oksida, Asam Klorida, Reaktor

Key Words: *Calcium Chloride, Neutralization, Calcium Oxide, Hydrochloric Acid, Reactor*

Abstract

Calcium chloride can be produced from the reaction between calcium oxide (CaO) and hydrochloric acid (HCl). Calcium oxide (CaO) is a processed product of limestone that has been calcined and is commonly referred to as quicklime. Calcium chloride can be used as

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

achmadarman1199@gmail.com



Journal History

Paper received: 17 Januari 2025

Received in revised: 28 Januari 2025

Accepted: 10 Februari 2025

a drying agent and de-icing material, as an additive in the production of plastics, pipes, cement, and concrete, as well as in the food industry. It also serves as a source of calcium ions that can be used in the medical field and in oil and gas drilling. Given this potential, the establishment of a calcium chloride plant in Indonesia is worth further consideration. The plant will have a capacity of 30,000 tons/year and operate for 330 days. It is planned to be built in Barru Regency, South Sulawesi, with 117 employees. The plant will occupy 43,805 m² of land. The process of calcium chloride production uses a neutralization method, and the reaction is an exothermic one that occurs in a stirred tank reactor under operating conditions of 50°C. The plant will require 2,049.4398 kg/hour of calcium oxide and 21,463.4504 kg/hour of hydrochloric acid as raw materials. The utility requirements include 163,250.091 m³/hour of water, 230.85 kWh of electricity, and 87.68 kg/hour of diesel fuel. The economic analysis of the calcium chloride plant estimates a total capital investment of IDR 362 billion and working capital of IDR 293 billion. The pre-tax profit is IDR 219 billion per year, while the post-tax profit is IDR 164 billion per year. The feasibility analysis shows that the Percent Return on Investment (ROI) is 60.41% before tax and 45.31% after tax. The Pay Out Time (POT) after tax is 2.4 years. The Break Even Point (BEP) is 41.65% of capacity, and the Shut Down Point (SDP) is 32.83% of capacity. The Discounted Cash Flow (DCF) is 39.14%. Based on the results of the economic feasibility analysis, this calcium chloride plant is considered attractive to establish.

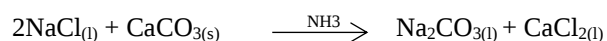
PENDAHULUAN

Indonesia memiliki potensi untuk mendirikan pabrik kalsium klorida sendiri guna memenuhi kebutuhan dalam negeri. Sumber daya alam yang melimpah, seperti batu kapur, dapat menjadikan Indonesia sebagai salah satu produsen kalsium klorida. Selain itu, pendirian pabrik ini dapat mendukung pertumbuhan ekonomi dan menciptakan lapangan pekerjaan baru [1].

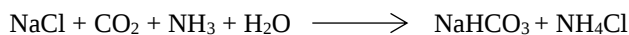
Kalsium klorida dapat dihasilkan dari reaksi antara kalsium oksida (CaO) dengan asam klorida (HCl). Kalsium Oksida (CaO) merupakan hasil olahan dari batu kapur (limestone) yang telah dikalsinasi dan biasa disebut dengan kapur tohor [2]. Kalsium oksida banyak digunakan dalam pembuatan bahan bangunan dan kontruksi termasuk batu bata, mortar dan plester [3]. Kalsium oksida juga bisa digunakan sebagai fluks dalam pembuatan baja yaitu sebagai bahan pengikat pengotor [4][5]. Kalsium klorida (CaCl₂) adalah garam yang mudah larut dalam air dan bersifat higroskopis, sehingga memiliki banyak kegunaan, antara lain sebagai zat pengering dan pencair es, sebagai zat aditif dalam proses pembuatan plastik, pipa, semen, beton, dan dalam industry makanan, sebagai sumber ion kalsium yang dapat digunakan dalam bidang kedokteran, dan dapat digunakan dalam pengeboran minyak dan gas [6][7][8]. Melihat potensi ini, pendirian pabrik kalsium klorida di Indonesia layak untuk dikaji lebih lanjut. Proses pembuatan Kalsium Klorida dapat dilakukan dalam berbagai cara, antara lain:[1]

1. Proses Solvay

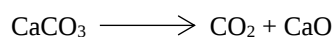
Proses Solvay adalah metode untuk memproduksi soda ash, menggunakan amonia sebagai katalisator dan menghasilkan produk utama berupa kalsium klorida (CaCl₂) yang sangat encer, dengan konsentrasi sekitar 30-45%. Persamaan reaksi yang terjadi:



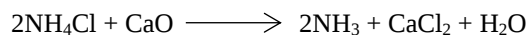
Reaksi yang terjadi sangat kompleks dan dapat dijelaskan melalui empat tahap reaksi. Pada tahap pertama, karbon dioksida dialirkan melalui larutan natrium klorida (NaCl) dan amonia.



Amonia yang diperlukan sebagai katalis dalam reaksi akan dijelaskan pada langkah terakhir, dan hanya sedikit amonia yang sebenarnya terkonsumsi. Karbon dioksida yang dibutuhkan untuk reaksi ini dihasilkan dengan memanaskan kalsium karbonat pada suhu 950-1100°C. Pemanasan ini mengubah kalsium karbonat menjadi kalsium oksida dan karbon dioksida.



Natrium bikarbonat (NaHCO₃) disaring dari larutan amonium klorida (NH₄Cl), setelah itu larutan tersebut direaksikan dengan kalsium oksida yang tersisa dari proses pemanasan kalsium karbonat pada langkah kedua.



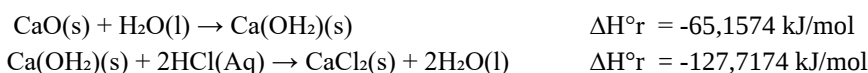
Amonia dari reaksi di atas dikembalikan ke tahap awal. Natrium bikarbonat yang diendapkan dari tahap pertama kemudian diubah menjadi produk akhir, natrium karbonat (Na_2CO_3), melalui proses kalsinasi ($160\text{--}230^\circ\text{C}$), yang menghasilkan air dan karbon dioksida sebagai produk samping.



2. Proses Netralisasi CaO dan Asam Klorida

Proses pembuatan Kalsium Klorida yang kedua ini diambil dari patent netralisasi US (2007). Bahan baku dari proses ini yaitu Kalsium Oksida (CaO) dan Asam Klorida (HCl). Pada proses ini kalsium oksida (CaO) solid dimasukkan di slurry tank dengan penambahan H_2O kemudian di reaksikan di reaktor dengan asam klorida (HCl) konsentrasi 37%. Reaksi yang terjadi :

Reaksi utama:



Proses ini merupakan proses sintesis batu kapur dengan bahan baku larutan asam klorida menghasilkan kalsium klorida, magnesium klorida, gas CO_2 dan air. Kemurnian CaCl_2 yang dihasilkan sangat tinggi, Dalam proses ini juga dihasilkan magnesium hidroksida (Mg(OH)_2) sebagai produk samping akibat reaksi dengan kandungan garam alkali. Dalam proses acidifikasi, konsentrasi larutan asam klorida yang digunakan adalah 37%, dengan perolehan (yield) kalsium klorida yang tertinggi. Proses ini dilanjutkan dengan berbagai pengeringan dan teknologi pemisahan untuk menghasilkan kalsium klorida kering dalam bentuk serbuk sebelum dijual ke konsumen.

Proses pembuatan kalsium klorida yang terbaik dipilih adalah proses netralisasi dengan faktor pertimbangan:

1. Bahan baku murah dan mudah diperoleh (CaO dan Asam Klorida) dan biaya alat dan operasi lebih murah.
2. Kemurnian CaCl_2 relatif lebih tinggi dibanding proses Solvay yaitu 78-99%
3. Tidak menggunakan katalis sehingga dapat mengurangi biaya.

Tabel 1. Data Pertumbuhan Ekspor dan Impor di Indonesia

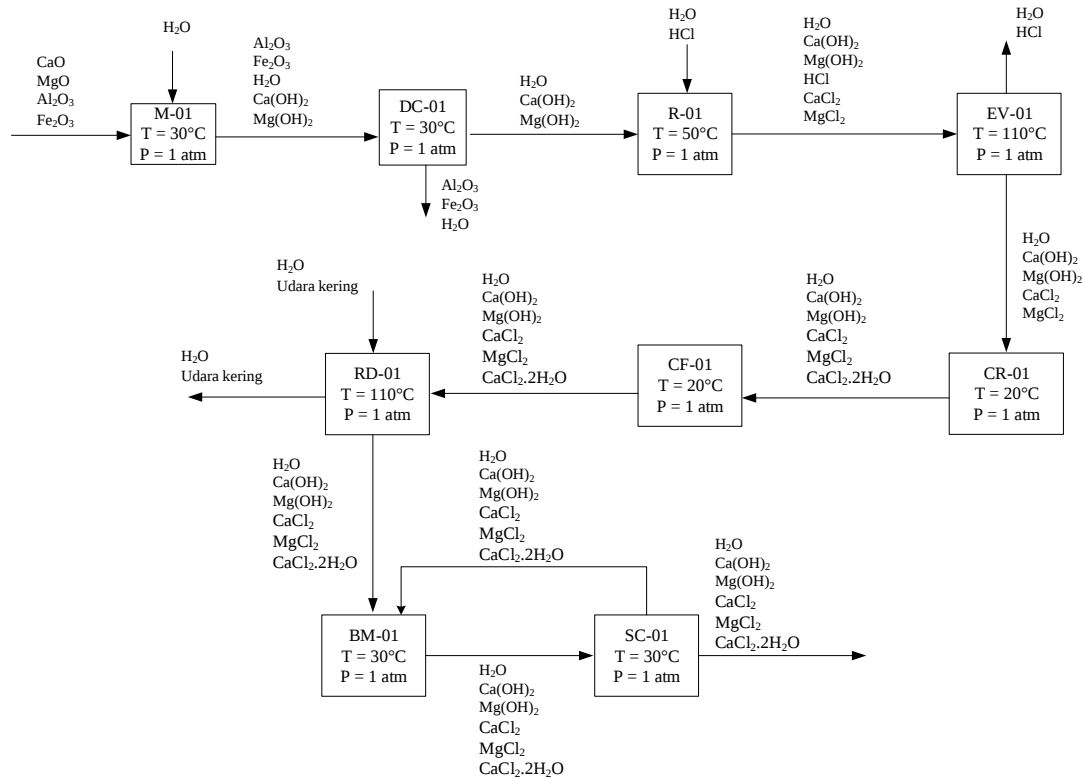
Tahun	Impor (ton)	Pertumbuhan Impor (%)	Ekspor (ton)	Pertumbuhan Ekspor (%)
2019	8677,01	-	484	-
2020	8112,765	-7%	572	18%
2021	11876,181	46%	673	18%
2022	11288,961	-5%	707	5%
2023	15204,755	35%	899	27%
Jumlah	55159,672	70%	3335	68%
Rata-rata (i)		17%		17%

Penentuan kapasitas perancangan pabrik Kalsium Klorida ini didasarkan padadata pertumbuhan ekspor, dan impor Kalsium Klorida di Indonesia. Kebutuhan Kalsium Klorida di Indonesia diperkirakan akan selalu meningkat karena penggunaannya dalam jumlah besar digunakan sebagai zat pengering, zat pencair es, zat aditif dan sebagai sumber ion kalsium yang dapat digunakan dalam bidang kedokteran [9]. Produksi dalam negeri belum mencukupi kebutuhan masyarakat Indonesia terhadap Kalsium Klorida sehingga Indonesia harus mengimpor pasokan Kalsium Klorida dalam jumlah yang cukup besar.

Perhitungan kapasitas pabrik dapat dihitung menggunakan persamaan yaitu m_{tahun} yang dicari = $m_{\text{tahun terakhir dari data}} \times (1+i)^a$, dimana $i = \frac{\sum \%P}{n}$. Keterangan: a adalah Selisih tahun, i adalah Pertumbuhan rata-rata per tahun, %P adalah Persen pertumbuhan per tahun dan n adalah Jumlah data %P [10]. Berdasarkan prediksi kebutuhan dalam negeri pada tahun 2029, maka kapasitas produksi yang dapat rancang yaitu sebesar 30.000 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 Kalsium Klorida, serta dapat memperluas lapangan kerja.

PERANCANGAN PROSES



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif Prarancangan Pabrik Kalsium Klorida

Proses pembuatan kalsium klorida dari batu kapur dan asam klorida dengan proses netralisasi dibagi menjadi 3 tahap, yaitu: [11]

1. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan yaitu CaO yang berasal dari PT Putra Lima Jaya. CaO yang digunakan berasal dari batu kapur yang sudah dikalsinasi. Bahan baku lain seperti HCl yang diperoleh dari PT. Petrokimia Gresik. CaO ditransportasikan ke dalam mixer menggunakan Belt Conveyor dan Bucket Elevator, disaat yang bersamaan juga ditambahkan air untuk pembentukan slurry. Didalam mixer juga dilengkapi dengan pengaduk supaya pencampuran antara CaO dengan air dapat berlangsung.

2. Tahap Pembentukan Produk

Reaksi terjadi dalam reaktor antara slurry dan asam klorida. Reaksi yang terjadi dalam reaktor bersifat eksotermis, suhu reaktor pada kisaran 50°C. Produk reaktor keluar pada suhu 50°C. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



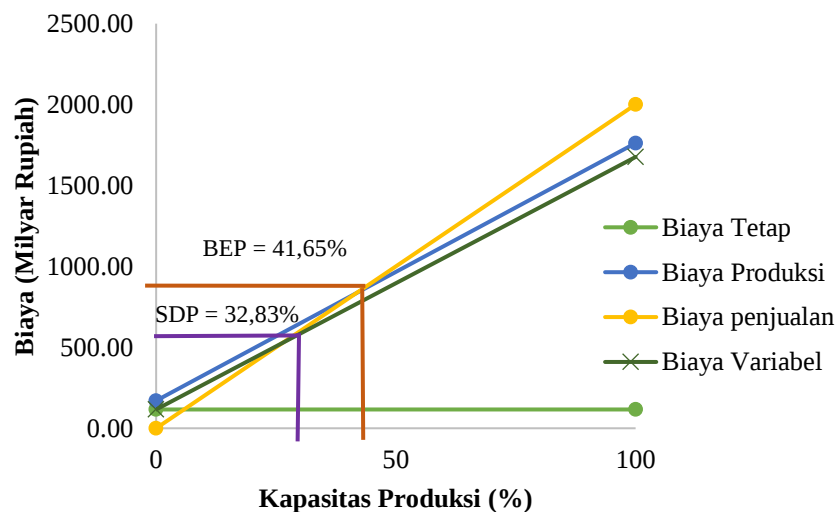
3. Tahap Pemurnian Produk

Keluaran Reaktor masuk ke evaporator untuk memekatkan larutan CaCl_2 . Kemudian filtrat masuk ke tangki penyimpanan sementara, lalu dialirkan ke crystallizer untuk mengkristalkan larutan CaCl_2 . Kristal basah yang keluar dari crystallizer kemudian dipisahkan dari mother liquor nya menggunakan centrifuge sedangkan mother liquor nya

dipompa kembali menuju evaporator dan kristalnya diangkat menggunakan bucket elevator menuju rotary dryer untuk mengeringkan produk. Kemudian diangkat menggunakan screw conveyor menuju roller mill untuk dihaluskan, ke ukuran ± 200 mesh. selanjutnya diangkat menggunakan screw conveyor menuju Silo produk (S-01).

ANALISA EKONOMI

Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila dapat beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan [12]. Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman untuk menentukan layak tidaknya suatu pabrik didirikan dan besarnya tingkat pendapatan yang dapat diterima dari segi ekonomi [13]. Parameter-parameter tersebut seperti [14] *total capital investment* sebesar Rp 362 milyar dan *working capital* sebesar Rp 293 milyar. Keuntungan sebelum pajak Rp 219 milyar per tahun, sedangkan keuntungan sesudah pajak sebesar Rp 164 milyar per tahun. Analisa kelayakan ini memberikan hasil bahwa *Percent Return on Investment* (ROI) sebelum pajak sebesar 60,41% dan setelah pajak sebesar 45,31%. *Pay Out Time* (POT) setelah pajak sebesar 2,4 tahun. *Break Event Point* (BEP) sebesar 41,65% kapasitas, dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 32,83% kapasitas. Range nilai BEP pabrik yang layak didirikan yaitu sekitar 40%-60% [15]. *Discounted Cash Flow* (DCF) sebesar 39,14%. Berdasarkan hasil analisa kelayakan ekonomi, maka pabrik kalsium klorida ini cukup menarik untuk didirikan dan grafik *break event point* dan *shut down point* dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik *break event point* dan *shut down point*

KESIMPULAN

Kapasitas rancangan pabrik Kalsium Klorida dari Kalsium Oksida dan Asam Klorida direncanakan 30.000 ton/tahun. Bentuk hukum perusahaan yang direncanakan adalah Perseroan Terbatas (PT) sedangkan bentuk organisasi yang direncanakan adalah garis dan staf dengan jumlah tenaga kerja yang dibutuhkan 117 orang. Berdasarkan perhitungan analisa ekonomi diperoleh hasil perhitungan berikut yang menandakan bahwa pabrik Kalsium klorida ini layak untuk didirikan.

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| a) Modal Investasi Total | : Rp 362.652.206.910 |
| b) Total Biaya Produksi | : Rp 1.761.944.877.141,08 |
| c) Hasil Penjualan | : Rp 2.000.590.332.630 |
| d) Laba Bersih | : Rp 164.318.634.118 |
| f) <i>Break Event Point</i> | : 41,65% |
| g) <i>Return on Investment</i> | : 45,31% |
| h) <i>Pay Out Time</i> | : 2,4 tahun |
| i) <i>Internal Rate of Return</i> | : 39% |

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Apriyan Saputra, J. A. Yani KM, K. ULM Banjarbaru, and K. Selatan, "PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLOORIDA DARI BATU KAPUR," *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, vol. 4, no. 1, 2019, doi: 10.000.
- [2] C. T. Yuhna, M. Sucipta, and D. N. K. P. Negara, "Studi Eksperimental Karakteristik Dan Regenerasi Kalsium Klorida Sebagai Material Pada Pengkondisian Udara Adsorpsi," *Jurnal Ilmiah TEKNIK DESAIN MEKANIKA*, vol. 10, no. 3, pp. 1531–1535, 2021.
- [3] R. Azzumar, M. S. Mahendra, and A. A. G. Sugiarta, "Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Kalsium Klorida (CaCl_2) dan Suhu Penyimpanan terhadap Fisikokimia Buah Salak Bali (*Salacca zalacca*)," *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, vol. 7, no. 4, pp. 542–555, 2018.
- [4] R. Breemer, P. Picauly, D. Febby, and J. Polnaya, "The Effect of Calcium Chloride and Vacuum Air on Quality of Tomato Fruit," *Jurnal Teknologi Pertanian*, vol. 4, no. 2, 2015.
- [5] D. R. Krisnamurti and Hafsa, "EFEKTIVITAS KONSENTRASI KALSIMUM KLOORIDA (CaCl_2) TERHADAP UMUR SIMPAN DAN SIFAT ORGANOLEPTIK PADA PISANG MULI (*Musa Acuminata* L.)," *Jurnal Biosains Medika*, vol. 1, no. 1, pp. 9–16, 2022, doi: 10.57103/biosains_medika.v1i1.80.
- [6] M. Ramadani, R. Linda, P. Studi Biologi, F. Mipa, U. Tanjungpura, and J. H. Hadari Nawawi, "Penggunaan Larutan Kalsium Klorida (CaCl_2) dalam Menunda Pematangan Buah Pepaya (*Carica papaya* L.)," 2016.
- [7] N. Aqwanita, S. Sabahannur, and S. Alimuddin, "PENGARUH BERBAGAI KONSENTRASI DAN LAMA PERENDAMAN KALSIMUM KLOORIDA (CaCl_2) TERHADAP MUTU KERIPIK BUNCIS (*Phaseolus vulgaris* L.) DENGAN SISTEM PENGGORENGAN VAKUUM Effect of Various Concentrations and Soaking Time of Calcium Chloride (CaCl_2) on The Quality of Bean Chips (*Phaseolus vulgaris* L.) with Vacuum Frying System," 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.fp.umi.ac.id/index.php/agrotekmas>
- [8] T. Alfionita and R. Zainul, "Calcium Chloride (CaCl_2): Characteristics and Molecular Interaction in Solution," 2020.
- [9] I. S. Rahmawati, D. Hastuti, and S. Darmanti, "Pengaruh Perlakuan Konsentrasi Kalsium Klorida (CaCl_2) dan Lama Penyimpanan terhadap Kadar Asam Askorbat Buah Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.)," 2021.
- [10] A. Choirunnisa and A. Mustain, "PENENTUAN KAPASITAS PRODUKSI DAN SELEKSI PROSES PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA BIOETANOL GEL KAPASITAS 5000 TON/TAHUN," *Distilat Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, pp. 86–93, 2022, [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>
- [11] H. Hasanah *et al.*, "PRARANCANGAN PABRIK KALSIMUM KLOORIDA DARI BATU KAPUR DAN ASAM KLOORIDA DENGAN KAPASITAS 67.000 TON/TAHUN," 2023.
- [12] N. Feranika, D. Ernia, and N. Dewi, "ANALISIS EKONOMI PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA PEMBUATAN BUBUK KALDU JAMUR TIRAM KAPASITAS 5000 TON/TAHUN," *Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 1, pp. 50–58, 2023, [Online]. Available: <http://distilat.polinema.ac.id>
- [13] K. Y. Noviana and A. A. Wibowo, "ANALISIS EKONOMI PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA BIOPESTISIDA DARI LIMBAH KULIT BAWANG MERAH DENGAN KAPASITAS 15.000 TON/TAHUN," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 1, pp. 266–278, Mar. 2024, doi: 10.33795/distilat.v10i1.4886.
- [14] A. P. D. Rahmayanti and A. Susanti, "ANALISIS EKONOMI PRA RANCANGAN PABRIK KIMIA PEMBUATAN KARBON AKTIF DARI SERBUK GERGAJI DENGAN KAPASITAS 8100 TON/TAHUN," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 4, pp. 510–518, Dec. 2023, doi: 10.33795/distilat.v9i4.4182.

- [15] R. Yolandha Parapat, S. Noviyana Rosa, V. Dwi Pratiwi, and R. Kurniawan, "ANALISIS EKONOMI PRARANCANGAN PABRIK BIO-OIL DARI TONGKOL JAGUNG MENGGUNAKAN PROSES PIROLISIS CEPAT," 2023.