



PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DENGAN BAHAN BAKU UREA PRILL MENGGUNAKAN PROSES BASF KAPASITAS 10.000 TON/TAHUN

(Melamine Factory Pre-Design with Urea Prill Raw Material Using BASF Process Capacity 10,000 Ton/Year)

Deli Handayani *, Putri Pratiwi Hamzah Aliah, La Ifa, Lastri Wiyani

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Jl. Urip Sumaharjo No.Km 5 Panaikang, Panakukang, Kota Makassar, Sulawesi Selatan 90231, Indonesia

Inti Sari

Proses pembuatan melamin dengan menggunakan bahan baku urea *prill* dan *fluidizing gas* berupa campuran gas ammonia dan karbondioksida dengan menggunakan proses *Badische Anilin and Soda Fabrik* (BASF). Reaktor yang digunakan adalah reaktor *fluidized bed*, didalam reaktor berlangsung reaksi hingga membentuk melamin. Reaktor beroperasi dengan suhu 395 °C. Kapasitas produksi melamin dirancang 10.000 ton/tahun, membutuhkan bahan baku urea sebesar 29.700 ton/tahun dan *fluidizing gas* sebesar 3.675 kg/jam. Utilitas listrik sebesar 207 kW, steam 27.667 kg/jam, bahan bakar berupa solar sebesar 16 kg/jam. Prarancangan Pabrik melamin ini direncanakan didirikan di daerah Cikampek, Jawa Barat, Indonesia dengan luas 25.000 m². Bentuk perusahaan adalah Perseroan Terbatas (PT) dengan sistem garis dan staf membutuhkan tenaga kerja sebanyak 97 orang. Berdasarkan perhitungan evaluasi ekonomi untuk pendirian melamin di atas dibutuhkan modal tetap sebesar Rp 39 miliar modal kerja sebesar Rp 7 miliar dan *manufacturing cost* sebesar Rp 568 miliar harga jual produksi sebesar Rp 650 miliar dengan keuntungan sebelum pajak dan sesudah pajak berturut-turut sebesar Rp 16 miliar dan Rp 11 miliar. Profitabilitas meliputi *Rate of Investment* (ROI) sebelum dan sesudah pajak berturut-turut sebesar 40,52 % dan 28,37 %. *Pay of Time* (POT) sebelum dan sesudah pajak 1,98 tahun dan 2,61 tahun. *Break event Point* (BEP) sebesar 53,91%. Dan *Shut Down Point* (SDP) sebesar 23,49%. Berdasarkan pertimbangan teknik dan hasil perhitungan analisis ekonomi di atas, maka pabrik melamin berkapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk diteruskan ketahap selanjutnya.

Kata Kunci: melamin, urea, *fluidizing gas*, reaktor

Abstract

The process of making melamine uses urea prill as raw materials and fluidizing gas in the form of a mixture of ammonia and carbon dioxide gas using the Badische Anilin and Soda Fabric (BASF) process. The reactor used is a fluidized bed reactor, in the reactor a reaction takes place to form melamine. The reactor operates at a temperature of 395 °C. Melamine production capacity is designed at 10,000 tons/year, requiring urea raw materials of 29,700 tons/year and fluidizing gas of 3,675 kg/hour. Electric utility is 207

Key Words: melamine, urea, *fluidizing gas*, reactor

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**

delihandayani0@gmail.com



Journal History

Paper received : 05 Juli 2024

Received in revised : 07 Agustus 2024

Accepted : 20 Agustus 2024

kW, steam is 27,667 kg/hour, fuel in the form of diesel is 16 kg/hour. Pre-Design This melamine factory is planned to be established in the Cikampek area, West Java, Indonesia with an area of 25,000 m². The company form is a Limited Liability Company (PT) with a line and staff system requiring a workforce of 97 people. Based on the economic evaluation calculations for the melamine establishment above, fixed capital of IDR 39 billion is required, working capital is IDR 7 billion and manufacturing costs are IDR 568 billion, production selling price is IDR 650 billion with pre-tax and after-tax profits of IDR 16 billion respectively. and IDR 11 billion. Profitability includes Rate of Investment (ROI) before and after tax of 40.52% and 28.37% respectively. Pay of Time (POT) before and after tax is 1.98 years and 2.61 years. Break event point (BEP) is 53.91%. And Shut Down Point (SDP) is 23.49%. Based on technical considerations and the results of the economic analysis calculations above, the melamine factory with a capacity of 10,000 tons/year is suitable to be continued to the next stage.

PENDAHULUAN

Pada saat ini pemerintah Indonesia sedang melakukan pengembangan dalam berbagai bidang industri. Salah satunya dengan cara memenuhi kebutuhan bahan-bahan industri melalui pendirian pabrik-pabrik industri kimia [1]. Jumlah dan macam industri yang belum dapat dipenuhi sendiri cukup banyak dan biasanya diperoleh dengan cara mengimpor dari negara lain. Salah satu bahan yang diimpor dalam jumlah banyak adalah melamin [2].

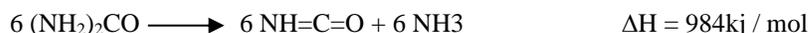
Melamin salah satu bahan yang dihasilkan oleh industri petrokimia dengan rumus C₃H₆N₆ juga dikenal dengan nama 2-4-6 *triamino* 1-3-5 *triazine*[3]. Senyawa ini berbentuk kristal *monocyclic* berwarna putih. Melamin diantaranya digunakan sebagai bahan baku pembuatan melamin resin, bahan sintesa organik, bahan pencampur cat, pelapis kertas, tekstil, leather tanning dan lain-lain. Bahan baku yang digunakan pada proses pembuatan melamin adalah urea dan campuran amonia karbon dioksida sebagai *fluidizing gas* dengan katalis alumina [4].

Melihat kebutuhan melamin pada masa sekarang ini, seiring dengan industri-industri pemakainya yang semakin meningkat, maka pendirian pabrik melamin dirasa sangat perlu [5]. Hal ini bertujuan untuk mengantisipasi permintaan didalam negeri, mengurangi impor melamin dan membuka tenaga kerja baru [6].

Ada beberapa macam cara proses utama yang paling komersial digunakan dalam proses pembuatan melamin, yaitu [7]:

1. Proses tekanan rendah dengan menggunakan katalis

Proses tekanan rendah dengan katalis menggunakan Fluidized bed pada tekanan atmosferik sampai 1 Mpa pada suhu 390 – 410 °C. Sebagai fluidizing gas digunakan amoniak murni atau campuran antara amoniak dan karbondioksida. Katalis yang digunakan yaitu alumina. Melamin meninggalkan reaktor berupa gas bersama dengan *fluidizing gas*. Kemudian dipisahkan dari amonia dan karbondioksida dengan *quenching* gas atau menggunakan air (yang diikuti dengan kristalisasi) atau sublimasi. Pada proses menggunakan katalis, langkah pertama adalah dekomposisi urea menjadi asam *isocyanat* dan amonia kemudian diubah menjadi melamin [8]. Mekanisme Reaksi:



(Ullman's Vol A 16, 1990)

Yield yang diperoleh adalah 90 – 95 %. Ada 4 proses pada tekanan rendah yaitu [9] :

- a. Proses BASF (*Badische Anilin and Soda Fabrik*)

Pada proses ini menggunakan reaktor satu stage, dimana lelehan urea diumpankan ke *fluidized bed* reaktor pada suhu 395 - 400 °C pada tekanan atmosferik. Katalis yang digunakan adalah alumina dengan *fluidizing gas* berupa amonia dan karbondioksida. Suhu reaktor dijaga dengan mensirkulasi lelehan garam dengan menggunakan pemanas. Produk yang keluar dari reaktor berupa gas terdiri dari campuran melamin, biuret, amonia dan karbondioksida. Katalis yang terbawa aliran gas ditahan pada siklon separator dalam reaktor. Campuran gas tersebut didinginkan dalam cooler sampai temperatur dew point campuran gas produk (Hibbits, 1959). Campuran gas kemudian masuk separtor lalu melamin di kristalkan melamin. Lebih dari 98 % melamin dapat mengkristal. Proses ini dapat menghasilkan melamin dengan kemurnian 99 %.

kemudian dequencing dengan ammonia cair dan CO₂ untuk mengendapkan melamin. Amonia dan CO₂ terpisah dibagian atas quencher *direcycle* ke pabrik urea.

b. Proses *Mont Edison*

Proses ini berlangsung pada suhu 370⁰C dan tekanan 7 Mpa. Panas reaksi disuplai dengan system pemanasan menggunakan lelehan garam. Hasil reaksi yang dihasilkan kemudian diquencing dengan ammonia cair dan CO₂ dan NH₃ *direcycle* ke pabrik urea.

c. Proses Nissan

Proses Nissan berlangsung pada suhu 400⁰C dan tekanan 10 Mpa. Produk melamin yang dihasilkan didinginkan dan diturunkan tekanannya dengan larutan ammonia, setelah melalui proses pemisahan prosuk melamin dikeringkan dengan priling sehingga diperoleh melamin serbuk .

Berdasarkan karakteristik masing-masing yang telah dijelaskan, pemilihan proses ditinjau dari teknis mana yang akan menguntungkan untuk keberlangsungan pabrik, namun tetap aman secara teknis dan ekonomis.

Tabel 1. Perbandingan proses pembuatan Melamin

NO	KOMPONEN	TEKANAN RENDAH			TEKANAN TINGGI		
		BASF	Chemie linz	Stamicarbon	Melamin Chemical Process	Mont edison	Nissan
1	Temperatur (°C)	395 – 400	350	400	370 – 425	370	400
2	Tekanan (atm)	1 – 9	1 – 9	1 – 9	70 - 150	70 - 150	70 - 150
3	Bahan Baku	urea	urea	urea	urea	urea	urea
4	<i>Yield overall</i>	99,9%	99%	99,8%	96%	-	-

Dalam prarancangan pabrik ini menggunakan proses BASF (*Badische Anilin and Soda Fabrik*) dikarenakan beberapa alasan dan keunggulan dibandingkan dengan metode lain, yakni :

1. Proses BASF berjalan pada tekanan rendah, dibandingkan dengan proses tekanan tinggi. Proses BASF dengan tekanan rendah ini lebih aman dan lebih mudah dalam pengontrolan.
2. Kemurniaan yang dihasilkan pada proses BASF ini adalah 99,9%. Dibandingkan dengan proses tekanan rendah lainnya yang hanya menghasilkan kemurnian produk 99,3% sampai 99,8%.

Salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam pendirian pabrik melamin adalah kapasitas pabrik supaya pabrik yang akan didirikan nanti dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri dan meningkatkan jumlah ekspor. Data import dari Badan Pusat Statistik pada tahun 2019- 2023 yang terlihat pada tabel, sehingga kebutuhan pada tahun 2028 dapat ditentukan untuk penentuan produksi yang akan direncanakan.

Tabel 2. Data Impor Kebutuhan Melamin [11]

No.	Tahun	Impor (kg)	%P (Impor)
1	2019	29.207.341	-
2	2020	29.214.026	0,00
3	2021	34.235.511	0,17
4	2022	31.166.075	-0,09
5	2023	19.587.635	-0,37
Total			-0,29
Rata-rata			-0,07

Pabrik melamin direncanakan didirikan pada tahun 2028, sehingga untuk menentukan kapasitas produksi pabrik melamin dapat menggunakan rumus *discounted methode* menggunakan persamaan:

$$F_n = F_i (1+i)^n$$

Keterangan :

F_n : Kebutuhan Produk
 F_i : Ekspor/Impor di tahun terakhir
 i : Rata-rata pertumbuhan Ekspor/Impor
 n : Jarak tahun

dimana :

Perkiraan konsumsi *discounted methode* dalam negeri pada tahun 2028 sebagai berikut :

$$\begin{aligned} F_n &= F_i (1+i)^n \\ &= 19.587.635 (1-0,07)^5 \\ &= 13.461.950 \text{ kg/tahun} \\ &= 13.462 \text{ ton/tahun} \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan kebutuhan melamin pada tahun 2028 yaitu sebesar 13.462 ton/tahun. Dengan berbagai pertimbangan, baik melalui data impor kebutuhan melamin di Indonesia dan ketersediaan bahan baku yang ada di Indonesia serta kapasitas pabrik yang telah ada, baik di Indonesia maupun di negara lain, maka prediksi kapasitas produksi melamin akan mengambil 75% dari kebutuhan melamin pada tahun 2028. Hal ini telah diatur dalam peraturan perundang-undangan Republik Indonesia nomor 5 tahun 1999 tentang praktek monopoli dan persaingan usaha tidak sehat pada bab III pasal 4 ayat 1 yang menyatakan pelaku usaha atau kelompok pelaku usaha tidak diperbolehkan menguasai lebih dari 75% pasar. Dilihat dari peraturan perundang-undangan maka didapat perkiraan kapasitas pabrik yang akan didirikan pada tahun 2028 yaitu sebesar **10.000 ton/tahun**.

PROSES PEMBUATAN MELAMIN

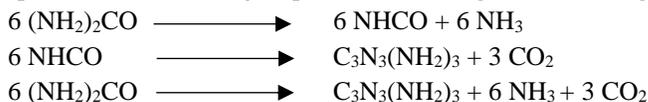
Untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan dalam prancangan pabrik, maka perlu disusun tahapan-tahapan mulai dari mempersiapkan bahan baku hingga memproses produk yang tepat agar proses produksi lebih efektif dan efisien. Proses pembuatan melamin terdiri dari 3 tahapan :

A. Tahap Persiapan Bahan Baku

Bahan baku urea yang berwujud prill dengan kemurnian 98% berat disimpan di gudang penyimpanan urea pada suhu kamar dan tekanan 1 atm. Dari gudang penyimpanan, urea prill diumpankan ke melter untuk dilelehkan pada suhu 140°C tekanan 1 atm. Pada kondisi ini urea meleleh dan kandungan airnya menguap. *Fluidizing gas* berupa campuran gas ammonia dan karbondioksida disimpan pada tangka penyimpanan kemudian dinaikkan suhunya hingga mencapai 395°C kemudian dialirkan menuju reaktor.

B. Tahap Reaksi

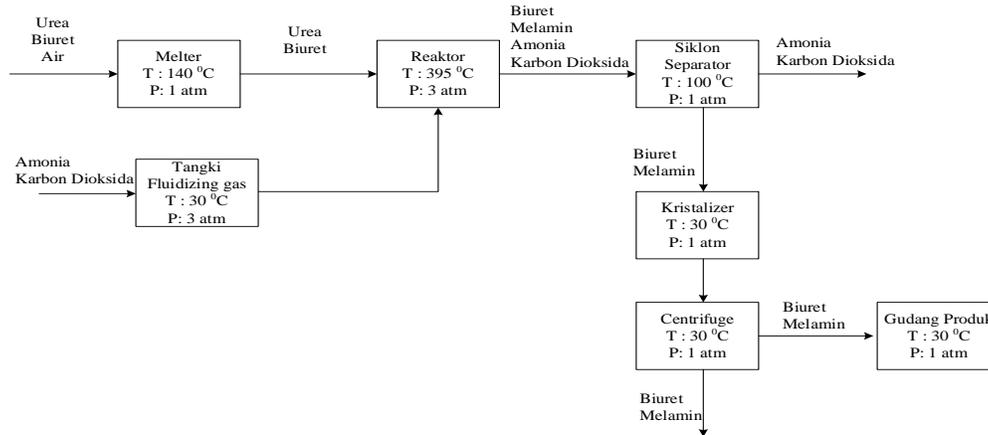
Pada suhu 147°C lelehan urea dipompa dan diinjeksikan ke reaktor fluidized bed melalui beberapa nozzle pada reaktor sehingga lelehan urea akan menguap secara spontan dan terdispersi ke dalam partikel – partikel katalis yang terfluidasi karena aliran dari *fluidizing gas* dari bawah reaktor. Pada saat lelehan urea menguap secara spontan, saat itulah terjadi proses reaksi dengan reaksi sebagai berikut:



Fluidizing gas berupa campuran gas ammonia dan karbondioksida. Reaktor beroperasi pada suhu 395°C, tekanan 3 atm dan menggunakan katalis alumina, dimana reaksi yang terjadi berlangsung secara endothermis. Kebutuhan panas reaksi disuplai dari steam yang dialirkan melalui coil di dalam reaktor. Di dalam reaktor terjadi penguraian urea menjadi melamin. Konversi yang diperoleh sebesar 95%. Gas hasil reaksi keluar reaktor pada suhu 395°C, tekanan 3 atm berupa campuran gas melamin, amonia, karbondioksida, dan biuret yang tidak bereaksi.

C. Tahap Pemisahan dan Pemurnian

Gas hasil reaksi keluar dari reaktor, kemudian didinginkan di heat exchanger sampai suhu 100⁰C. Kemudian dialirkan menuju separator untuk memisahkan amonia dan karbon dioksida dari produk. Amonia dan karbondioksida akan menuju ke tangki *fluidizing* untuk digunakan kembali, sedangkan melamin dan biuret sebagai impurities akan dialirkan menuju kristalizer untuk di kristalkan, dari kristalizer produk akan di angkut menuju centrifuge untuk memisahkan komponen yang gagal mengkristal, dari centrifuge produk yang berupa kristal akan diangkat menggunakan *screw conveyor* menuju gudang penyimpanan produk.



Gambar 1. Diagram Alir Kualitatif

ANALISA EKONOMI

Sebuah pabrik harus dievaluasi kelayakan berdirinya dan tingkat pendapatannya sehingga perlu dilakukan analisis perhitungan secara teknik. Selanjutnya, perlu juga dilakukan analisis terhadap aspek ekonomi dan pembiayaannya. Hasil analisa tersebut diharapkan berbagai kebijaksanaan dapat diambil untuk pengarahannya secara tepat. Suatu rancangan pabrik dianggap layak didirikan bila dapat beroperasi dalam kondisi yang memberikan keuntungan. Berbagai parameter ekonomi digunakan sebagai pedoman untuk menentukan layak tidaknya suatu pabrik didirikan dan besarnya tingkat pendapatan yang dapat diterima dari segi ekonomi. Parameter-parameter tersebut antara lain:

1. Margin Keuntungan/*Profit Margin* (PM)
2. Titik Impas/*Break Even Point* (BEP)
3. Laju Pengembalian Modal/*Return On Investment* (ROI)
4. Waktu Pengembalian Modal/*Pay Out Time* (POT)
5. Laju Pengembalian Internal/*Internal Rate of Return* (IRR)

Analisa Ekonomi

1. *Profit Margin* (PM)

Profit Margin adalah persentase perbandingan antara keuntungan sebelum pajak penghasilan PPh terhadap total penjualan dari hasil perhitungan diperoleh profit margin sebesar 1,71%, maka pra rancangan pabrik ini memberikan keuntungan [9].

2. *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point adalah keadaan kapasitas produksi pabrik pada saat hasil penjualan hanya dapat menutupi biaya produksi, dari hasil perhitungan, maka *Break Even Point* sebesar 53,91%, BEP masih berada pada rentang persyaratan BEP yaitu berkisar 40-60% [12].

3. *Return on Investment* (ROI)

Return on Investment adalah besarnya persentase pengembalian modal tiap tahun dari penghasilan bersih, dari hasil perhitungan diperoleh ROI sebesar 28,37%, sehingga pabrik yang akan didirikan ini termasuk resiko laju pengembalian modal rata-rata karena berada pada kisaran 15-45% [13].

4. *Pay Out Time (POT)*

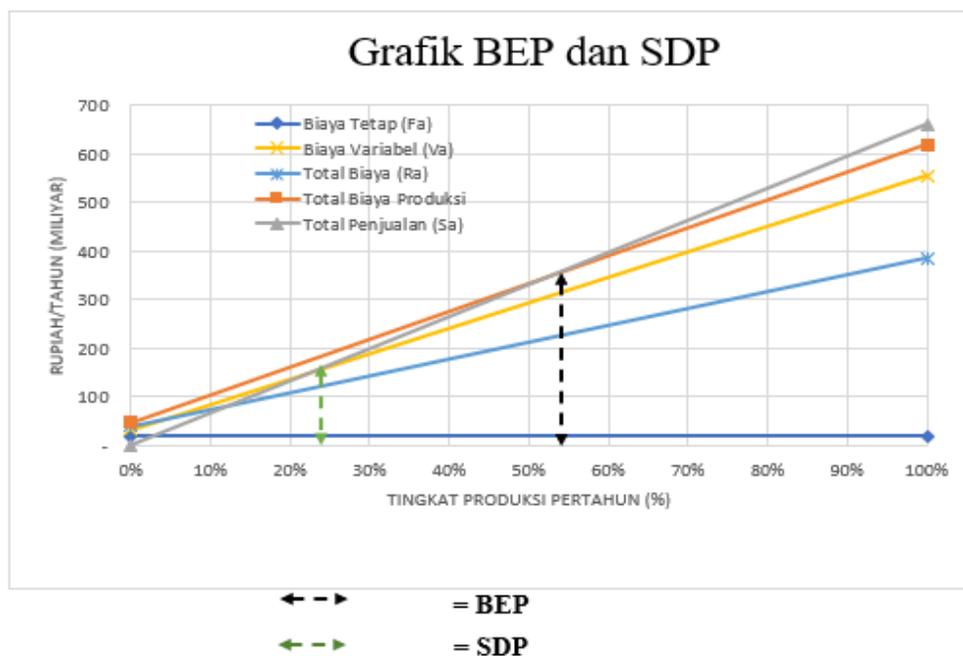
Pay Out Time adalah waktu pengembalian modal yang dihasilkan berdasarkan keuntungan yang dicapai. Perhitungan ini diperlukan untuk mengetahui berapa tahun investasi yang telah dilakukan akan kembali, dari hasil perhitungan diperoleh POT sebelum pajam 1,98 tahun dan setelah pajam 2,61 tahun [14].

5. *Internal Rate of Return (IRR)*

Internal rate of return berdasarkan *discounted cash flow* adalah suatu tingkat bunga tertentu dimana seluruh penerimaan akan tepat menutup seluruh jumlah pengeluaran modal. Apabila IRR ternyata lebih besar dari bunga riil yang berlaku, maka pabrik akan menguntungkan tetapi bila IRR lebih kecil dari bunga riil yang berlaku maka pabrik dianggap rugi. Dari perhitungan diperoleh $IRR = 25,20\%$, sehingga pabrik akan menguntungkan karena lebih besar dari bunga bank saat ini sebesar 14%.

6. *Shut Down Point (SDP)*

Shut Down Point adalah suatu titik atau saat penentuan aktivitas produksi dihentikan. Penyebabnya antara lain adalah Variable cost yang terlalu tinggi, atau karena keputusan manajemen akibat tidak ekonomisnya suatu aktivitas produksi (tidak menghasilkan keuntungan), dari hasil perhitungan diperoleh SDP sebesar 23,49% [10].



Gambar 2. Grafik Analisa Kelayakan Ekonomi

KESIMPULAN

Prarancangan pabrik melamin dari urea dengan kapasitas 10.000 ton/tahun ini direncanakan akan didirikan di daerah Cikampek, Jawa Barat.

Sesuai perhitungan analisa ekonomi dapat diketahui :

- Keuntungan yang diperoleh sebelum pajak Rp16.156.644.254,56 dan sesudah pajak yaitu dan Rp11.309.650.978,19.
- Return on Investmen (ROI)* untuk pabrik ini 40,52 % sebelum pajak dan 28,37% sesudah pajak.
- Pay Out Time (POT)* untuk pabrik ini adalah 1,98 tahun sebelum pajak dan 2,61 tahun sesudah pajak.
- Break Event Point (BEP)* adalah 53,91 %. BEP untuk pabrik kimia pada umumnya berkisar antara 40-60 %.
- Shut Down Point (SDP)* adalah 23,49%.

Berdasarkan perhitungan analisis ekonomi di atas, dapat disimpulkan prarancangan pabrik melamin dari urea dengan kapasitas 10.000 ton/tahun layak untuk diteruskan ketahap selanjutnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nelma, “Studi Kandungan Formalin dalam Piring Melamin yang Diperjualbelikan di Masyarakat,” *Poltekkes Kemenkes Medan*, pp. 54–67, 2010.
- [2] Y. Yanuartono, A. Nururrozia, S. Indarjulianto, H. Purnamaningsih, and S. Rahardjo, “Melamine, Asam Suanurat dan Melamin-Sianurat: Kaitan dengan Penyakit Saluran Perkencingan Hewan,” *J. Sain Vet.*, vol. 37, no. 2, p. 193, Dec. 2019, doi: 10.22146/jsv.48601.
- [3] W. Pusva K., E. Saputra, R. Mayesmy H., and M. L. Firdaus, “Review Nanomaterial Sebagai Sensor Melamin dan Zat Aditif lainnya Secara Kolorimetri,” *PENDIPA J. Sci. Educ.*, vol. 4, no. 3, pp. 98–115, Oct. 2020, doi: 10.33369/pendipa.4.3.98-115.
- [4] T. O. N. Tahun, I. R. Pratiwi, and N. G. Kristiana, “PRARANCANGAN PABRIK MELAMIN DARI UREA DENGAN PROSES BADISCHE ANILIN AND SODA FABRIK (BASF) KAPASITAS 50 . 000 Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia,” 1990.
- [5] M. Suryandari, M. H. Syafitri, and N. M. Ulfa, “Berbahan Melamin Yang Aman Di Posyandu Lansia,” vol. 3, no. 3, pp. 1993–1996, 2022, [Online]. Available: <https://doi.org/10.31004/cdj.v3i3.9424>
- [6] R. R. Tangdionga, L. C. Mandey, and F. Lumoindong, “Kajian Analisis Kimia Formaldehida Dalam Peralatan Makan Melamin Secara Spektrofotometri Sinar Tampak,” *J. Ilmu dan Teknol. Pangan*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6, 2015, [Online]. Available: <https://media.neliti.com/media/publications/98883-ID-none.pdf>
- [7] Z. Zulfahrizal, A. A. Munawar, and H. Meilina, “Estimasi Kandungan Lemak Pada Biji Kakao Utuh Secara Cepat dan Non-Destruktif dengan Menggunakan Teknologi NIRS,” *J. Otomasi Kontrol dan Instrumentasi*, vol. 8, no. 1, p. 17, 2016, doi: 10.5614/joki.2016.8.1.2.
- [8] H. David, *Basic Principles and Calculation in Chemical Engineering*. New Jersey: Prentice Hall Inc, 1996.
- [9] K. R. E. an. Othmer.D.F, *Encyclopedia of Chemical Technology 18ed*. New York: John Wiley&Sons, 1993.
- [10] C. J. M. and Ricardson.J.F, *Chemical Engineering vol 6*, Pergamon P. New York, 1983.
- [11] B. P. Statistik, “Buletin Statistik Perdagangan Luar negeri vol II,” 2023.
- [12] Levenspiel.O, *Chemical Reaction Engineering 2nd edition*. New York: John Wiley and Sons Inc.
- [13] S. and H. Matar, *Chemistry of Petrochemical Processes*. Texas: Gulf Publishing Company.
- [14] P. R. H. and Green.D, *Perry’s Chemical Engineer Handbook 7th ed*. New York: McGraw-Hill Book Company.