

EVALUASI EFISIENSI STEAM ALAT FALLING FILM EVAPORATOR PADA PROSES KRISTALISASI DI UNIT PRODUKSI PABRIK MONOSODIUM GLUTAMAT

Cahya Nabila dan Ernian Novika Dewi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

cahyannabila@gmail.com; ernianovika@polinema.ac.id

ABSTRAK

Falling Film Evaporator (FFE) berperan penting dalam proses kristalisasi pada unit produksi di pabrik Monosodium Glutamat (MSG). Alat ini berfungsi untuk memekatkan MSG cair menjadi MSG *slurry*, yang kemudian diproses lebih lanjut untuk menghasilkan MSG kristal yang siap untuk dipasarkan. Seiring berjalannya waktu, kinerja alat ini berpotensi mengalami penurunan efisiensi kinerja sehingga diperlukan evaluasi performa untuk menjaga optimalisasi proses produksi. Kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan *steam* pada alat FFE sehingga dapat diketahui apakah penggunaan *steam* berlangsung secara efisien atau sebaliknya. Perhitungan efisiensi *steam* dilakukan melalui perhitungan neraca massa dan neraca energi untuk mendapatkan nilai *steam* teoritis. Kemudian dilanjutkan dengan membandingkan antara kebutuhan *steam* teoritis dan kebutuhan *steam* aktual yang tercatat selama proses. Hasil perhitungan yang dilakukan menunjukkan bahwa efisiensi *steam* sebesar 96,89%. Hasil ini menunjukkan bahwa pemanfaatan energi panas berlangsung secara optimal dengan minimnya pemborosan energi. Tingginya nilai efisiensi ini juga menunjukkan bahwa perawatan dan pengoperasian FFE dilakukan dengan baik, serta tidak adanya gangguan seperti kebocoran atau kerusakan dapat memperkuat dugaan bahwa kondisi alat berada dalam keadaan optimal. Dengan nilai efisiensi yang tinggi, kinerja FFE dinilai sangat baik dan mendukung keberlanjutan proses produksi di pabrik MSG.

Kata kunci: efisiensi steam, falling film evaporator, monosodium glutamat, kristalisasi.

ABSTRACT

The Falling Film Evaporator (FFE) serves an important role in the crystallization process within the production unit at a Monosodium Glutamate (MSG) factory. This equipment functions to concentrate liquid MSG into MSG *slurry*, which is then further processed to produce crystalline MSG ready for market distribution. Over time, the performance of this equipment has the potential to decline in efficiency; therefore, a performance analysis is required to maintain optimal production processes. This study aims to analyze the efficiency of steam usage in the FFE to determine whether steam utilization is efficient or otherwise. The calculation of steam efficiency is carried out through mass and energy balance calculations to obtain the theoretical steam requirement. This is followed by comparing the theoretical steam requirement with the actual steam consumption recorded during the process. The results of the calculation indicate that the steam efficiency is 96.89%. This result demonstrates that the utilization of thermal energy is optimal, with minimal energy loss. The high efficiency value also indicates that the maintenance and operation of the FFE are being performed well, and the absence of issues such as leaks or mechanical failures further supports the assumption that the equipment is in optimal condition. With such a high efficiency value, the performance of the FFE is considered excellent and contributes positively to the sustainability of the MSG production process.

Keywords: steam efficiency, falling film evaporator, monosodium glutamate, crystallization.

Corresponding author: Ernian Novika Dewi

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: ernianovika@polinema.ac.id



1. PENDAHULUAN

Monosodium Glutamate (MSG) merupakan zat aditif yang berfungsi sebagai penyedap rasa dan sering ditambahkan ke dalam makanan baik dalam skala rumah tangga maupun industri. MSG adalah garam natrium dari asam glutamat, yang merupakan salah satu asam amino yang memberikan rasa umami atau gurih pada makanan [1]. MSG diproduksi melalui proses fermentasi yang menggunakan bahan baku utama yaitu tetes tebu [2]. Proses produksi MSG melibatkan beberapa tahap utama seperti persiapan bahan, fermentasi mikroba, pemurnian dan kristalisasi untuk menghasilkan produk MSG murni dalam bentuk kristal [3]. Tahap kristalisasi ini sangat penting untuk mendapatkan MSG yang berkualitas sebelum dipasarkan. Pada proses kristalisasi, terlebih dahulu dilakukan proses evaporasi untuk menghasilkan MSG *slurry*, yaitu campuran kental yang mengandung kristal-kristal kecil MSG. Salah satu alat yang digunakan dalam tahap ini adalah *Falling Film Evaporator* (FFE). Alat ini bekerja dengan memanfaatkan panas dari uap (*steam*) dengan prinsip gravitasi [4]. FFE memegang peranan penting dalam pembuatan MSG karena merupakan titik awal terbentuknya kristal MSG. Namun seiring waktu dan penggunaan terus-menerus, efisiensi alat FFE dapat mengalami penurunan [5].

Beberapa kajian sebelumnya menunjukkan nilai efisiensi evaporator yang bervariasi, seperti kajian yang dilakukan oleh Maya dkk., (2023), yang mengevaluasi kinerja alat evaporator pada proses distilasi atmosferik di Unit Kilang PPSDM Cepu memperoleh nilai efisiensi sebesar 94,4% [6]. Sementara itu, kajian lain yang dilakukan Kubha dkk., (2022), yang mengevaluasi efisiensi *steam* alat evaporator (V-1) di Unit Kilang PPSDM Cepu mendapatkan nilai efisiensi sebesar 58,76% [7]. Sedangkan kajian oleh Setyawan (2017), juga mengevaluasi efisiensi panas pada sistem evaporator dalam pengolahan limbah radioaktif di PLTR selama tahun 2014 hingga 2017 memperoleh nilai efisiensi berturut-turut sebesar 83,1%, 78,36%, 79,38% dan 61,38% [8].

Penurunan efisiensi *steam* pada alat FFE disebabkan oleh beberapa faktor diantaranya seperti adanya *scalling* pada permukaan peralatan, distribusi cairan yang tidak merata, kondisi operasi yang tidak stabil, serta akumulasi kondensat yang menghambat perpindahan panas [9]. Penurunan efisiensi ini tidak hanya berdampak pada kinerja alat, tetapi juga menyebabkan pemborosan *steam* yang pada akhirnya meningkatkan biaya operasional. Untuk menjaga angka efisiensi *steam*, dilakukan evaluasi dan perhitungan terhadap neraca massa dan neraca energi [11]. Neraca massa digunakan untuk memantau keseimbangan antara aliran bahan masuk dan keluar, sementara neraca energi membantu dalam mengevaluasi distribusi dan pemanfaatan energi panas dalam sistem [11]. Efisiensi penggunaan *steam* sangat dipengaruhi oleh kinerja evaporator dalam mentransfer panas secara optimal ke larutan tanpa terjadi pemborosan energi [12].

Oleh karena itu, penting untuk melakukan evaluasi efisiensi penggunaan *steam* pada alat FFE guna memastikan bahwa energi yang digunakan selama proses kristalisasi tidak terbuang, serta proses produksi dapat berjalan secara optimal [10]. Dengan demikian, kajian ini bertujuan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan *steam* pada alat FFE sehingga dapat diketahui apakah penggunaan *steam* berlangsung secara efisien atau sebaliknya.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan secara langsung di ruang *control room* yang ada pada unit produksi. Data yang diambil mencakup laju alir *feed*, laju alir *steam*, densitas *feed*, densitas produk, suhu *feed*, suhu produk, suhu *vapor*, suhu *steam* masuk, suhu *steam* keluar dan kebutuhan *steam* aktual dalam data rata-rata pada periode bulan Juni 2024. Kemudian mengumpulkan literatur terkait topik untuk membantu dalam melakukan perhitungan.

2.2. Perhitungan Neraca Massa

Perhitungan neraca massa untuk mengetahui jumlah massa yang masuk, massa yang keluar dan massa yang terakumulasi pada periode tertentu [5]. Perhitungan neraca massa pada kaji ini dilakukan untuk mengetahui laju alir produk dan vapor yang keluar dari alat FFE. Persamaan neraca massa sebagai berikut [13]:

$$F = L + V \quad (1)$$

Keterangan:

F : laju alir *feed* (kg/h)
L : laju alir produk (kg/h)
V : laju alir uap (kg/h)

2.3. Perhitungan Neraca Energi

Perhitungan neraca energi dilakukan untuk mengevaluasi keseimbangan antara jumlah energi masuk dan energi keluar [12]. Pada kajian ini, perhitungan neraca energi dilakukan agar mendapatkan nilai *steam* secara teoritis, yang dimana nilai tersebut akan digunakan untuk perhitungan efisiensi *steam*. Adapun persamaan neraca energi sebagai berikut [13]:

$$F \times h_F + S \times \lambda = L \times h_L + V \times H_V \quad (2)$$

Keterangan:

F : laju alir *feed* (kg/h)
L : laju alir produk (kg/h)
V : laju alir uap (kg/h)
 h_F : entalpi *feed* (kJ/kg)
 λ : entalpi *steam* (kJ/kg)
 h_L : entalpi produk (kJ/kg)
 H_V : entalpi *vapor* (kJ/kg)

2.4. Perhitungan Efisiensi Steam

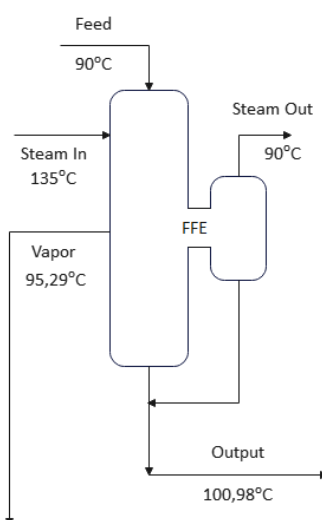
Perhitungan efisiensi *steam* digunakan untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan *steam* pada alat FFE [10]. Nilai *steam* teoritis yang didapat dari persamaan neraca energi, dibandingkan dengan *steam* aktual yang diperoleh dari data aktual pabrik. Berikut persamaan efisiensi *steam* [13]:

$$\text{Efisiensi steam} = \frac{\text{Kebutuhan steam teoritis}}{\text{Kebutuhan steam aktual}} \times 100\% \quad (3)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Proses Evaporasi pada Alat FFE

Evaporasi adalah proses penguapan cairan menjadi uap untuk mengurangi kadar air dan meningkatkan konsentrasi suatu zat terlarut [14]. Evaporasi merupakan proses penting dalam industri kimia, termasuk dalam produksi Monosodium Glutamat (MSG). Salah satu jenis alat evaporator adalah *Falling Film Evaporator* (FFE), dimana alat ini bekerja dengan mengalirkan cairan dalam bentuk film tipis secara gravitasi ke permukaan pipa yang telah dipanaskan sehingga mempercepat proses penguapan tanpa merusak kualitas larutan [15]. *Falling Film Evaporator* (FFE) pada unit produksi di pabrik Monosodium Glutamat (MSG) digunakan dalam proses kristalisasi MSG. Seiring dengan berjalannya proses, peralatan akan mengalami penurunan efisiensi sama halnya dengan alat FFE yang ada di unit produksi ini. Untuk memberikan gambaran lebih jelas mengenai alur proses alat FFE yang digunakan dalam perhitungan efisiensi penggunaan *steam*, pada Gambar 1 terdapat diagram alir dengan data aktual dari pabrik.



Gambar 1. Diagram alir pada alat FFE

Proses evaporasi menggunakan FFE bertujuan untuk meningkatkan konsentrasi (*baume*) pada *feed*, yaitu MSG cair. Pada tahap awal, *feed* MSG cair dipanaskan hingga suhu sekitar 90°C, kemudian dialirkan masuk ke dalam alat FFE. Di dalam FFE, *steam* bersuhu 135°C didistribusikan ke dalam FFE untuk memberikan panas. Proses pemanasan ini menyebabkan penguapan kandungan air dari larutan MSG cair. Uap air yang terbentuk keluar dari bagian atas alat sebagai *vapor* pada suhu sekitar 95,29°C, sementara *steam condensate* (*steam out*) dikeluarkan secara terpisah. Hasil proses ini berupa larutan MSG pekat (*slurry*) yang keluar sebagai output dari bagian bawah FFE dengan suhu sekitar 100,98°C. Selanjutnya, *slurry* MSG ini dialirkan ke *chamber crystallizer* untuk proses kristalisasi lebih lanjut.

3.2. Evaluasi Perhitungan Efisiensi *Steam* pada Alat FFE

Kajian dalam mengevaluasi efisiensi penggunaan *steam* pada alat FFE, dilakukan perhitungan neraca massa dan neraca energi [16]. Neraca massa dihitung dengan menggunakan data laju alir *feed* dan %FG *feed* yang diperoleh dari data aktual pabrik yang nantinya menghasilkan data laju alir produk (*slurry*) dan *vapor*. Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan perhitungan dengan mensubstitusikan data laju alir *feed*, %FG *feed* dan %FG produk (*slurry*) sehingga didapatkan nilai laju alir produk. Laju alir produk yang diperoleh kemudian selanjutnya dilakukan perhitungan kembali untuk mendapatkan nilai laju alir *vapor*. Nilai masing-masing laju alir yang telah didapat, harus memiliki hasil yang *balance* sesuai dengan prinsip neraca massa, yaitu massa yang masuk harus sama dengan massa yang keluar [17]. Hasil perhitungan neraca massa dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil perhitungan neraca massa pada alat FFE

Input			Output		
Komponen	Laju Alir (kg/h)	%FG	Komponen	Laju Alir (kg/h)	%FG
<i>Feed</i>	14151,93	41,25	<i>Vapor</i>	3110,37	
			Produk	11041,55	58,75
Total	14151,93			14151,93	

Setelah mendapatkan nilai laju alir produk dan *vapor* melalui perhitungan neraca massa, kemudian dilanjutkan untuk menghitung neraca energi untuk mengetahui jumlah *steam* teoritis yang dibutuhkan. Nilai *steam* teoritis yang didapat nantinya akan dibandingkan dengan nilai *steam* aktual yang ada pada *control room* untuk mengevaluasi efisiensi penggunaan *steam* [11]. Dalam menghitung neraca energi membutuhkan beberapa data seperti laju alir *feed*, laju alir *vapor*, produk serta entalpi dari masing-masing data tersebut. Dalam mendapatkan nilai entalpi, terlebih dahulu dilakukan perhitungan entalpi dengan mengalikan nilai C_p *feed* dan selisih suhu antara suhu *feed* dengan suhu referensi. Sama halnya dengan entalpi *feed*, untuk mendapatkan entalpi produk dilakukan dengan mengalikan C_p produk dengan selisih suhu produk dan suhu referensi. Sementara itu, untuk menghitung entalpi *vapor* dan *steam*, nilai entalpi diperoleh pada data *Appendix 2.9* Geankoplis berdasarkan data hubungan suhu dan entalpi [13]. Nilai entalpi yang dibutuhkan untuk perhitungan neraca energi tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai entalpi untuk perhitungan neraca energi pada alat FFE

Entalpi	
Keterangan	Nilai (kJ/kg)
hF	55,9
hL	65,35
HV	2668,55
λ	2726,87

Berdasarkan data entalpi yang sudah diketahui, kemudian dilakukan perhitungan neraca energi untuk mendapatkan nilai *steam* teoritis. Nilai *steam* teoritis yang didapat menggambarkan jumlah uap panas yang seharusnya dibutuhkan secara ideal dalam kondisi tanpa kehilangan energi [11]. Setelah mendapat nilai *steam* teoritis, selanjutnya dibandingkan dengan nilai *steam* aktual yang ada. Perbandingan antara kebutuhan *steam* teoritis dan *steam* aktual inilah yang digunakan untuk menghitung efisiensi penggunaan *steam* pada FFE yang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan efisiensi *steam* pada alat FFE

Kebutuhan <i>Steam</i>		Efisiensi <i>Steam</i>
S Teoritis (kg/h)	S Aktual (kg/h)	
3018,33	3115,28	96,89%

Berdasarkan hasil evaluasi diketahui efisiensi *steam* FFE pada proses kristalisasi di pabrik Monosodium Glutamat mencapai 96,89%. Berdasarkan Buku *Petroleum Refinery Engineering* oleh W.L. Nelson, efisiensi termal suatu alat berada dalam rentang 60% hingga 95%. Tingginya angka efisiensi *steam* yang diperoleh pada alat FFE dalam proses kristalisasi ini memiliki arti bahwa alat bekerja sangat optimal. Semakin tinggi nilai efisiensi, maka kemampuan alat dalam mentransfer panas juga semakin optimal, karena laju perpindahan panas yang terjadi mendekati jumlah energi panas maksimum yang tersedia untuk dipindahkan [17]. Angka yang didapat mencerminkan bahwa pemanfaatan energi panas, khususnya *steam* dilakukan secara optimal. Nilai efisiensi yang tinggi tersebut mengindikasikan bahwa perpindahan panas berlangsung efektif, dengan minimnya kehilangan energi dalam bentuk panas yang tidak digunakan [19]. Tingginya nilai efisiensi juga dapat menjadi indikator bahwa perawatan dan pengoperasian alat dilakukan dengan baik dan konsisten. Evaluasi secara berkala juga diperlukan untuk mengetahui kelayakan kondisi peralatan. Selain itu, tidak adanya gangguan besar seperti kebocoran atau kerusakan mekanis juga memperkuat dugaan bahwa kondisi alat berada dalam keadaan optimal [20].

Dengan demikian, hasil efisiensi yang tinggi tidak hanya menggambarkan kinerja alat yang baik secara teknis, tetapi juga menunjukkan bahwa sistem pengelolaan, pemantauan, dan pemeliharaan pada alat FFE di pabrik MSG ini berjalan secara efektif. Hal ini menunjukkan bahwa proses produksi tetap berjalan secara efisien sehingga mendukung keberlanjutan operasional pabrik.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil evaluasi neraca massa, neraca energi dan perhitungan efisiensi *steam* pada alat *Falling Film Evaporator* (FFE) di pabrik produksi Monosodium Glutamat, diperoleh efisiensi *steam* sebesar 96,89%. Nilai ini menunjukkan bahwa penggunaan energi panas dari *steam* untuk proses kristalisasi MSG berlangsung efisien. Hal ini membuktikan bahwa kinerja alat FFE masih optimal dan pengelolaan operasional alat dilakukan dengan baik.

Untuk menjaga efisiensi *steam* pada *Falling Film Evaporator* (FFE) tetap optimal, disarankan dilakukan pemantauan dan perawatan alat secara rutin guna mencegah terjadinya

scaling dan penurunan kinerja. Selain itu, evaluasi neraca massa dan neraca energi sebaiknya dilakukan secara berkala agar pemanfaatan energi panas dari *steam* dapat terus dipantau dan dioptimalkan. Evaluasi terhadap kondisi operasional seperti suhu, tekanan dan laju alir juga penting dilakukan untuk memastikan sistem bekerja tetap optimal.

REFERENSI

- [1] W. Rizkaprilisa, S. Amalia, P. Bumi, dan L. F. Sari, "Edukasi Konsumsi Makanan dengan Tambahan Monosodium Glutamat (MSG) Sehat Ala Gen-Z," *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, vol. 07, no. 03, hal. 348–356, 2024.
- [2] F. T. Putri, D. N. Putri, I. Nuddin, dan E. A. Saati, "Analysis Of Cl, Fe, Al, pH, And Water Content On Various Sizes Of Crystal Monosodium Glutamate (MSG)," *Agritepa Jurnal Ilmu dan Teknologi Pertanian*, vol. 10, no. 1, hal. 101–110, 2023.
- [3] M. J. Mahdi dan R. Hidayat, "Prarancangan Pabrik Monosodium Glutamat dari Molase Dan Urea Dengan Proses Biosintesis Kapasitas 80.000 ton/Tahun," *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, vol. 5, no. 1, hal. 65–69, 2019.
- [4] A. Z. Syaiful, A. Gazali, F., "Desain dan Pengujian Kinerja *Prototype*," *Jurnal Saintis*, vol. 2, no. 1, hal. 5-9, 2024.
- [5] A. S. Az Zahra, M. Narulita, M. Mufid, dan A. Z. Fanani, "Perhitungan Neraca Massa Converter (30-R-1201) pada Unit Asam Sulfat Pabrik III B PT Petrokimia Gresik," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 629–634, 2023.
- [6] P. P. Maya, A. R. Dewi, R. Rohmadi, dan K. Sa'diyah, "Evaluasi Neraca Massa dan Neraca Energi pada Proses Distilasi Atmosferik di Unit Kilang PPSPDM Migas Cepu," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 9, no. 4, hal. 536–547, 2023.
- [7] C. B. Kubha, A. A. Setyorini, A. Chumaidi, dan J. Jatmiko, "Perhitungan Efisiensi Evaporator (V-1) di Unit Kilang Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi Cepu," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 3, hal. 567–573, 2023.
- [8] N. M. S. A. Setyawan, "Evaluasi Hasil Evaluasi Efisiensi Kinerja Sistem Evaporator IPLR" *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah XV*, hal. 255–259, 2017.
- [9] R. Wulandari dan L. H. Saputri, "Evaluasi Kinerja Stasiun Penguapan Ditinjau dari Efisiensi Penggunaan Uap di PT. PG Rajawali II, Unit PG. Sindang Laut Cirebon," *Jurnal Pengelolaan Perkebunan*, vol. 2, no. 2, hal. 73–80, 2021.
- [10] F. U. D. Pratiwi, A. Kartikasari, dan A. Chumaidi, "Analisa Efisiensi Kinerja Tripple Effect Evaporator pada Produksi Pupuk Ammonium Sulfat II (ZA II) di Industri Pupuk," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 1, hal. 19–23, 2023.
- [11] A. Kartikasari, F. U. D. Pratiwi, dan A. Chumaidi, "Evaluasi Ekonomi Steam Tripple Effect Evaporator pada Proses Produksi Pupuk Ammonium Sulfat II (ZA II) di Industri Pupuk," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 5, no. 1, hal. 01–06, 2023.
- [12] N. F. Hidayat dan M. E. Setiawan, "Evaluasi Efisiensi Energi Unit Raw Mill di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Tuban," *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 9, hal. 932–938, 2024.
- [13] C. J. Geankoplis, *Transport processes and unit operations*, Third Edition. New York: Prentice-Hall International, Inc., 1980.
- [14] V. A. Tama dan A. P. Ningwati, "Analisa Terjadinya Six Big Losses pada Mesin Evaporator

- dengan Metode TPM Di Seksi Refinery MSG PT. XXX,” *Jurnal Knowledge Industrial Engineering*, vol. 5, no. 1, hal. 1–6, 2018.
- [15] F. A. Rafi, B. Yohandri dan J. Robert, “Pengaruh Temperatur dan Laju Alir pada Evaporasi Nira Kelapa Menggunakan Falling Film Evaporator,” *Jurnal Pendidikan Tambusai*, vol. 7, no. 3, hal. 2090–2093, 2023.
- [16] N. Istianah, “Evaporasi Multi-Tahap Menggunakan Falling Film Evaporator (FFE) untuk Meningkatkan Efisiensi,” *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, vol. 8, no. 4, hal. 1–5, 2017.
- [17] Y. A. Saputri, K. Sa’diyah, dan E. Yulianto, “Evaluasi Efisiensi Heater pada Pengolahan Steam Unit 7 Pembangkit Listrik Tenaga Uap,” *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 1, hal. 54–63, 2023.
- [18] D. Anjani, A. Chandra, K. Fitri, S. Perbawani, dan A. Anggraini, “Rancangan Alat Evaporator Vertical Long Tube untuk Pembuatan Kalsium Klorida dari Batu Kapur Putih” *Jurnal Prosiding Seminar Nasional Teknologi Industri, Lingkungan dan Infrastruktur (Sentikuin)*, vol. 6, hal. 1–15, 2024.
- [19] S. Iffah Munawaroh, N. Azizah, dan M. Subur, “Perhitungan Neraca Massa dan Neraca Energi Evaporator pada Unit Kilang PPSDM Migas Cepu”, *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 1, no. 7, hal. 13–19, 2021.
- [20] A. D. Ifvournamasari, S. N. M. Sukmawanta, Y. Maryanty, dan E. Yulianto, “Perhitungan Efisiensi High Pressure Heater pada Pembangkit Listrik Tenaga Uap PT POMI Unit 3,” *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 8, no. 2, hal. 308-314, 2023.