

PRARANCANGAN PABRIK ASAM PERASETAT DARI ASAM ASETAT DAN HIDROGEN PEROKSIDA MENGGUNAKAN KATALIS RESIN SULFONAT PERFLUORINASI DENGAN KAPASITAS 5.000 TON/TAHUN

Moh Khoiril Mustofa^{1*}, Santi Diva Safitri¹, Hilda Qonitatillah¹, Helda Wika Amini¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Boy Arief Fachri¹, Bektı Palupi¹

¹ Program Studi S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Jember, Jl. Kalimantan Tegalboto No.37, Jember 68121, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding Author: 201910401042@mail.unej.ac.id

Abstrak

Asam perasetat (CH_3COOOH) merupakan komponen yang banyak digunakan sebagai bahan baku disinfektan. Asam perasetat merupakan hasil reaksi dari asam asetat (CH_3COOH) dan hidrogen peroksida (H_2O_2) melalui proses oksidasi. Reaksi oksidasi antara asam asetat dengan hidrogen peroksida terjadi dalam fixed bed multitube reactor menggunakan bantuan katalis resin sulfonat perfluorinasi sehingga membentuk asam perasetat dan air. Asam perasetat kemudian dipisahkan dari pengotornya dalam menara kolom distilasi, dan didapatkan kemurnian akhir asam perasetat 38%. Perancangan pabrik asam perasetat memiliki kapasitas 5.000 ton/tahun. Perancangan pabrik ini akan didirikan di Jl. Raya Daendles No.2, Karangrejo Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik Jawa Timur dengan luas 14.110 m². Pabrik asam perasetat ini direncanakan berdiri dalam bentuk Perseroan Terbatas (PT) dengan jumlah karyawan 148 orang. Evaluasi ekonomi menunjukkan nilai Pay Out Time (POT) adalah 2,4 tahun, Rate of Return Investment (ROR) sebesar 35%, dan Break Even Point (BEP) sebesar 46%. Laba kotor dari penjualan produk sebesar Rp 59,771,669,749, dan laba bersih sebesar Rp 44,828,752,311. Berdasarkan hasil evaluasi ekonomi tersebut, maka pabrik asam perasetat dari asam asetat dan hidrogen peroksida dengan katalis resin sulfonat perfluorinasi layak untuk didirikan.

Kata kunci: Asam perasetat, katalis PFSA, fixed bed multitube reactor.

1. Pendahuluan

Setiap tahun, peningkatan kualitas maupun kuantitas berbagai aspek industri kimia di Indonesia cenderung mengalami peningkatan. Perkembangan industri kimia memiliki jangkauan luas, baik industri yang mengolah bahan jadi maupun bahan setengah jadi, atau bahan kimia yang dipakai sebagai bahan baku maupun bahan penunjang.

Asam perasetat memiliki berbagai macam fungsi diantaranya digunakan sebagai bahan baku pembuatan disinfektan dan oksidator pada proses water treatment (Eliza, 2022). Fungsi lain yang dimiliki asam perasetat yakni digunakan sebagai agen oksidasi dalam proses pemutihan pulp (pulp bleaching) di industri kertas; sebagai agen sterilisasi dalam industri farmasi dan pangan (Gusti, 2023); sebagai agen bleaching dalam industri tekstil (Bajpai, 2005); sebagai katalis dalam sintesis polimer,

khususnya dalam produksi polimer asetat seperti polyvinyl acetate (PVAc) dan ethylene vinyl acetate (EVA); dan sebagai salah satu bahan campuran produk pembersih rumah tangga karena kemampuannya dalam menghilangkan noda dan kotoran yang sulit dihilangkan (Hidayati, 2010).

Perancangan pabrik ini direncanakan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan mengurangi ketergantungan impor asam perasetat dari luar negeri. Asam perasetat yang dipakai di Indonesia diimpor dari berbagai negara seperti Kanada, China, Perancis, Jepang, India, dan Jerman.

Perkiraan kebutuhan asam perasetat di Indonesia ditentukan dengan analisis potensi kapasitas produksi untuk fasilitas manufaktur baru yang rencana dibangun tahun 2028 diperkirakan dengan persamaan berikut:



$$M_{2028} = (M_{konsumsi\ 2028} + M_{ekspor\ 2028}) - (M_{produksi\ 2028} + M_{impor\ 2028}) \quad (1.1)$$

$$M_{2028} = (3937,55192 + (1141,387837)) - (0 + 0) \quad (1.2)$$

$$M_{2028} = 5078,939757\ ton/tahun \quad (1.3)$$

Kapasitas produksi ditentukan dengan menggunakan pertumbuhan rata – rata. Proyeksi data impor dan ekspor dibutuhkan agar kapasitas pabrik dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga menurunkan nilai ekspor dari negara lain. Berikut data impor dan ekspor tahun 2018 – 2023 menurut Badan Pusat Statistika (BPS) yang tertera pada tabel 1.

Tabel 1 Pertumbuhan Impor Asam Perasetat di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2018	1.892,168	
2	2019	2.127,753	12,450533
3	2020	2.952,587	38,765496
4	2021	3.676,742	24,526119
5	2022	3.707,959	0,84904
6	2023	2.550,4	-31,218225
Pertumbuhan Rata-rata			9,074592

Tabel 2 Pertumbuhan Ekspor Asam Perasetat di Indonesia

No.	Tahun	Jumlah (ton)	Pertumbuhan (%)
1	2018	3,4152	
2	2019	4,1758	22,271024
3	2020	3,01925	-27,696489
4	2021	0,59341	-80,345781
5	2022	2,9897	403,816923
6	2023	3,72602	24,628558
Pertumbuhan Rata-rata			214,22274

Berdasarkan banyaknya kebutuhan asam perasetat di Indonesia, pendirian pabrik asam perasetat memiliki potensi yang besar. Dengan dasar kebutuhan impor di Indonesia dan ketersediaan bahan baku, maka akan direncanakan pendirian pabrik asam perasetat dari 100% peluang kapasitas sebesar 5.000 ton/tahun.

2. Deskripsi Proses

Terdapat beberapa jenis proses dalam pembuatan asam perasetat. Tabel 3. Dapat disimpulkan bahwa jenis proses yang dipilih sebagai proses pembuatan asam perasetat pada pabrik ini ialah

proses reaksi asam asetat dengan hidrogen peroksida dengan katalis resin sulfonat perfluorinasi. Hal tersebut dikarenakan control lebih mudah, katalis heterogen sehingga tidak memerlukan proses pemisahan, dan potensial ekonomi yang tinggi.

Tabel 3. Perbandingan Proses Pembuatan Presipitat Kalsium Karbonat

Parameter	Proses Oksidasi Asetaldehida	Proses Reaksi Asam Asetat dengan Hidrogen Peroksida	Proses dengan Katalis Asam Sulfat
Bahan Baku	Asetaldehida dan oksigen	Asam asetat dan hidrogen peroksida	Asam asetat dan hidrogen peroksida
Katalis	-	Resin Sulfonat Perfluorinasi	Asam sulfat
Bahan Tambahan	-	-	Asam etidronik
Reaktor	Reaktor Alir Pipa	Fixed Bed Multi-Tube Reactor	Reaktor RATB
Konversi	50%	72%	99%

Proses pembuatan asam perasetat dapat dibagi menjadi tiga tahapan, berikut uraian proses asam perasetat:

a. Tahap persiapan bahan baku

- Asam asetat

Asam asetat merupakan bahan baku utama yang didapatkan dari PT. Petrokimia Gresik. Asam asetat dalam wujud cair disimpan dalam tangki penyimpanan 01 (F – 111) dengan kondisi operasi yaitu suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Asam asetat dialirkan menggunakan pompa (L – 113) menuju mixer (M - 115).

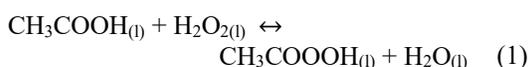
- Hidrogen peroksida

Hidrogen peroksida merupakan bahan baku utama yang diperoleh dari PT. Samator Inti Peroksida dan PT. Sidopex Perotama yang masing-masing berlokasi di Gresik dan Mojokerto. Hidrogen peroksida berupa cairan disimpan dalam tangki penyimpan 02 (F – 112) dengan kondisi operasi yaitu suhu 30°C dan tekanan 1 atm. Hidrogen peroksida dialirkan menggunakan pompa (L – 114) menuju mixer (M - 115).



b. Tahap reaksi

Asam asetat dan hidrogen peroksida dari tangki penyimpanan F-111 dan F-112 dialirkan menuju *mixer* (M - 115) sebelum dialirkan ke reaktor (R-210). Reaktor yang dipakai adalah *fixed bed multi-tube reactor* dengan katalis padat yang di dalamnya berupa resin sulfonat perfluorinasi. Keluaran dari *mixer* (M - 115) dialirkan menuju aliran bawah reaktor sehingga dapat bersentuhan langsung dengan katalis padat yang diletakkan pada *bed* bagian bawah. Asam asetat dan hidrogen peroksida bereaksi dalam reaktor dengan tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi sebagai berikut:



Reaksi dalam reaktor tersebut bersifat eksotermis, sehingga dalam menjaga suhu tetap pada 30°C diperlukan pendingin berupa *jacket* dengan media pendingin yang digunakan adalah air. Penggunaan katalis berbentuk padatan dapat memudahkan proses pemurnian dari asam perasetat, karena sifat katalis yang heterogen tidak dapat bercampur dengan bahan-bahan lainnya. Asam perasetat yang terbentuk dari hasil reaksi beserta air dan sisa bahan baku yang digunakan dikeluarkan melalui aliran atas reaktor. Campuran asam perasetat, air, asam asetat, dan hidrogen peroksida selanjutnya dialirkan menuju menara distilasi (D - 310) untuk proses pemurnian asam perasetat.

c. Tahap permurnian produk

Proses pemurnian asam perasetat dimulai dengan memisahkan sebagian besar hidrogen peroksida dan asam asetat, dan sebagian kecil asam perasetat sebagai produk bawah pada menara distilasi (D - 310). Asam perasetat, air, sebagian kecil hidrogen peroksida dan asam asetat keluar dalam bentuk gas pada bagian atas menara sebagai *light key component*. Produk bawah menara berupa asam asetat dan hidrogen peroksida kemudian dialirkan kembali menuju *mixer*. Produk atas menara berupa campuran air, asam perasetat, dan sedikit asam asetat, yang berupa fase uap dialirkan menuju kondensor.

Campuran keluar kondensor berupa cairan, lalu sebagian dari cairan tersebut dikembalikan ke kolom distilasi dengan rasio *reflaks* 0,3:1 sedangkan kondensat yang terbentuk dialirkan kedalam tangki produk. Sebelum menuju ke reaktor, dialirkan menuju *mixer* untuk mendapatkan konsentrasi yang sesuai dengan komersil. Proses pembuatan asam perasetat ditunjukkan oleh gambar 1.

3. Utilitas

Utilitas merupakan fasilitas yang mendukung operasi utama suatu sistem dalam pabrik. Utilitas berfungsi menyediakan kebutuhan penunjang suatu proses produksi. Utilitas pabrik asam perasetat dengan kapasitas 5.000 ton/tahun terbagi menjadi lima unit, yaitu

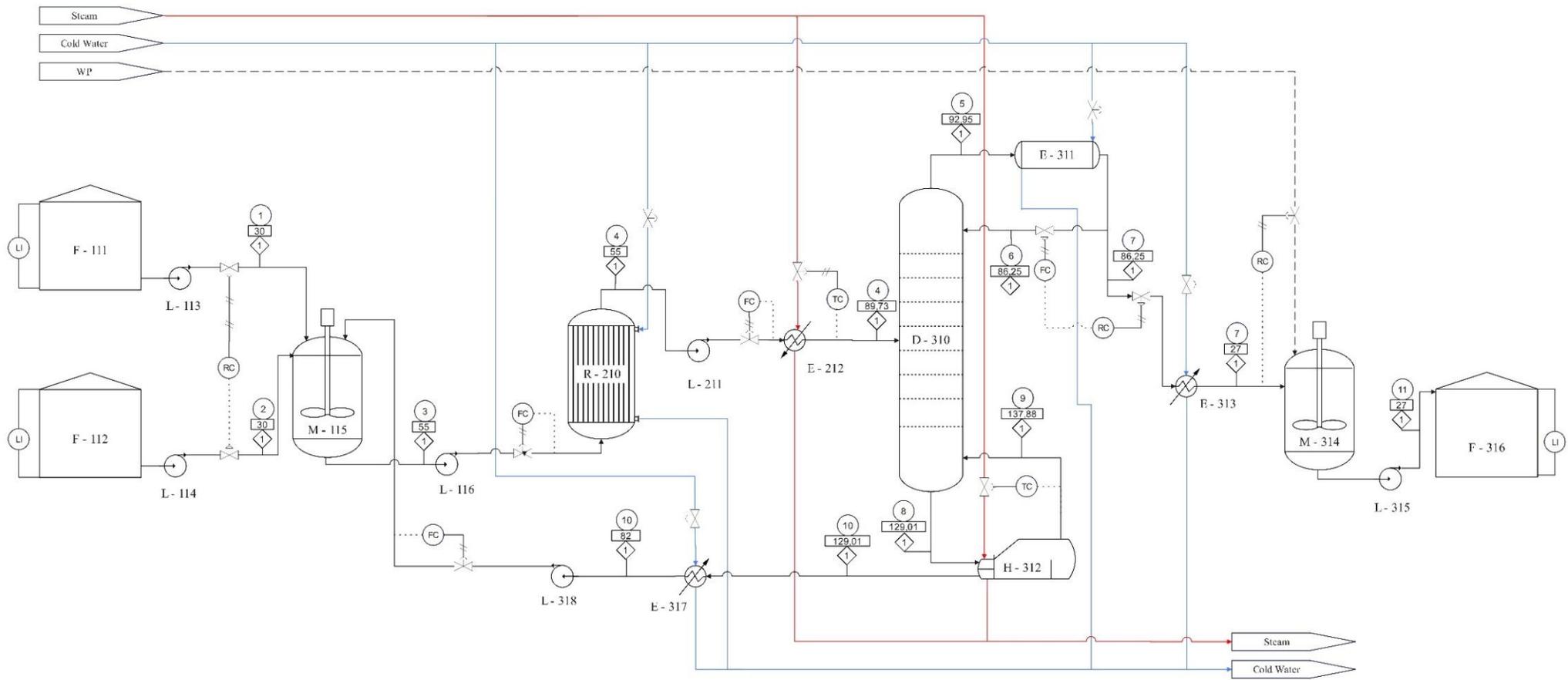
1. Unit pengalihan air,
2. Unit pengadaan *steam*,
3. Unit pengadaan tenaga listrik,
4. Unit bahan bakar, dan
5. Unit pengolahan limbah.

Sumber air pabrik asam perasetat berasal dari air sungai bengawan solo yang berjarak sekitar 600 meter dari lokasi pabrik. Air yang bersumber dari sungai bengawan solo disimpan didalam sebuah bak penampung sebelum digunakan sebagai air umpan *boiler*, air proses, air pendingin, dan air sanitasi. *Steam* di dalam pabrik digunakan untuk media pemanasan suatu proses. Air pendingin ini digunakan sebagai media pendingin pada alat pertukaran panas (*heat exchanger*) dari alat yang membutuhkan pendinginan. Air proses biasanya digunakan untuk proses pengenceran bahan baku atau produk. Air sanitasi merupakan air yang disediakan sebagai kebutuhan air bagi karyawan di area lingkungan pabrik yang meliputi perkantoran, laboratorium, perumahan, kantin, musholla/masjid, dan lain-lain. Air sanitasi merupakan jenis air yang tidak mengandung bakteri atau kotoran serta memiliki kandungan mineral didalamnya. Total kebutuhan air yang diperlukan pabrik sebanyak 29094,72 kg/jam.

Steam memiliki peranan yang sangat penting dalam pabrik asam perasetat. Jenis *steam* yang digunakan untuk pabrik asam perasetat ini ialah *saturated steam*. *Steam* dihasilkan dari proses pemanasan air menggunakan alat *boiler* dengan jenis *Pulverized Fuel Boiler* (PFB) dengan bahan bakar *antrachite coal* atau batu bara. Total kebutuhan *steam* pabrik asam perasetat sebesar 37,51 kg/jam atau setara dengan 82,68648 lb/jam.

Tenaga listrik merupakan satu dari beberapa faktor yang sangat penting untuk menunjang berjalannya industri. Tenaga listrik yang digunakan dalam perancangan pabrik asam perasetat ini didapatkan dari PLTGU PT. PLN UP Gresik yang memiliki kapasitas listrik sebesar 2.218 MW. Tenaga listrik juga dapat dihasilkan dari generator sebagai tenaga cadangan jika terdapat gangguan pada PLN. Total kebutuhan listrik yang diperlukan pabrik sebanyak 2.500,60 kW/jam.





Gambar 1. Flow Diagram Process Pembuatan Asam Perasetat dari Asam Asetat dan Hidrogen Peroksida

Pada pabrik asam perasetat, bahan bakar yang digunakan adalah *antrachite coal* dan *diesel fuel*. *Antrachite coal* dipilih sebagai bahan bakar pemanasan pada *boiler* dikarenakan bahan ini mengandung karbon paling tinggi dibandingkan dengan batu bara lainnya serta pembakaran yang lebih stabil dan lebih bersih dari asap maupun emisi berbahaya. Sedangkan, *diesel fuel* dipilih sebagai bahan bakar penggerak generator untuk menghasilkan energi listrik. Total kebutuhan *antrachite coal* yang diperlukan pabrik sebanyak 14,89 kg/jam dan *diesel fuel* sebanyak 307,47 kg/jam.

Limbah yang dihasilkan suatu pabrik perlu diolah terlebih dahulu agar tidak berdampak buruk bagi lingkungan, makhluk hidup, masyarakat sebelum dibuang ke lingkungan, hal ini juga termasuk upaya pencegahan polusi lingkungan. Limbah yang dihasilkan setiap industri memiliki karakteristik yang berbeda-beda, bergantung pada proses produksi yang dipakai. Limbah yang dihasilkan pabrik asam perasetat terbagi menjadi dua, yakni limbah padat dan cair.

a. Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan pabrik asam perasetat berasal dari proses *water treatment* air sungai pada unit utilitas. Limbah yang dihasilkan berupa lumpur atau *sludge* dapat diproses menggunakan dehidrator untuk menghilangkan kadar air. Selain *sludge* yang berasal dari proses *water treatment*, limbah padat juga dapat berasal dari limbah rumah tangga (domestik). *Sludge* dengan kadar air rendah dapat dipakai untuk pengomposan atau ke TPA terdekat bersama dengan limbah domestik.

b. Limbah Cair

Limbah cair yang berasal dari pabrik ini bersumber dari air sanitasi dan air utilitas. Limbah cair dari kegiatan domestik atau sisa sanitasi yang berasal dari toilet, perkantoran, perumahan, dll cenderung tidak berbahaya dan dapat langsung dibuang ke sungai. Limbah air kondensat akan digunakan kembali dan diproses pada pengolahan air pada penyediaan air bersih di pabrik.

4. Analisis Ekonomi

Evaluasi ekonomi digunakan untuk menentukan layak atau tidaknya mendirikan pabrik. Evaluasi ekonomi dilakukan untuk mengetahui besarnya keuntungan yang dihasilkan dari kapasitas produksi tertentu. Kelayakan berdirinya pabrik asam perasetat ditentukan dari beberapa komponen yang tercantum pada tabel dibawah ini. Tabel berikut menunjukkan hasil

evaluasi ekonomi yang dilakukan untuk pabrik asam perasetat:

Tabel 4. Tabel kelayakan ekonomi pabrik asam perasetat

No.	Komponen	Ketentuan	Nilai	Kelayakan
1	Waktu pengembalian modal (POT)	Kurang dari setengah umur pabrik (10 tahun)	2.4 tahun	Layak
2	Net Profit Over Total Life of Project (NPOTLP)	Lebih besar dari TCI + bunga bank (\$9,653,382)	\$30,778,123	Layak
3	Total Capital Sink (TCS)	Lebih besar dari total capital investment (\$8,362,497)	\$26,828,229	Layak
4	Discounted Cash Flow Rate of Return (DCF-ROR)	Lebih besar dari bunga bank (6%)	87%	Layak
5	Break Even Point (BEP)	Berada di rentang 40-60%	46%	Layak

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan berdasar pada uraian dan pembahasan lima bab sebelumnya yaitu lokasi pabrik asam perasetat berada di Jl. Raya Daendles No.2, Karangrejo Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik Jawa Timur. Kapasitas produksi pabrik asam perasetat sebesar 5.000 ton/tahun. Pabrik asam perasetat layak didirikan berdasarkan Evaluasi ekonomi diperoleh, yaitu Annual cash flow (ACF) sebesar \$3.648.161,13 (43.63%), Pay out time (POT) selama 2,4 tahun, Net profit over total lifetime of the project (NPOTLP) sebesar \$30.778.123, Total capital sink (TCS) sebesar \$26.828.229, Rate of return (ROR) sebesar 35%, Discounted cash flow rate of return (DCF-ROR) sebesar 87%, Break even point (BEP) sebesar 46%. Berdasarkan evaluasi ekonomi dapat disimpulkan bahwa pabrik asam perasetat dari asam asetat dan hidrogen peroksida menggunakan katalis resin sulfonat perfluorinasi dengan kapasitas 5.000 ton/tahun layak untuk didirikan.



Daftar Pustaka

- Badan Pusat Statistik, 2024, "https://www.bps.go.id/id/exim".
- Bajpai, P., 2005, "Environmentally Benign Approaches for Pulp Bleaching", Elsevier, India.
- Brownell, L. E., Young, E. H., 1959, "Process Equipment Design", John Wiley & Sons Inc., USA.
- Calkin, H. L., 1966, "United States Patent Office", *The Palimpsest*, <https://doi.org/10.17077/0031-0360.24332>.
- Dynasty Yang, Haifang, M., Yueliang, Y., Xi, Z., Weiguo, Z., 2014, "Preparing method of peracetic acid", *patent*.
- Eliza, N., Dewanti-Hariyadi, R., Nurjanah, S., 2022, "Efektivitas Sanitizer Komersial Berbasis Asam Perasetat terhadap Biofilm *Bacillus cereus*", *Jurnal Ilmu Produksi dan Teknologi Hasil Peternakan*, Volume (10), hal. 8–14.
- Endaryono, B. T., 2021, "Pengaruh Biaya Pemasaran, Omzet Penjualan terhadap Laba Perusahaan: Studi Kasus pada PT Granitoguna BC", *Religion Education Social Laa Roiba Journal*, Volume 3(2), hal. 124–134.
- Felicia Arviana, N. H., 2024, "Analisis Ekonomi Pra Rancangan Pabrik Kimia Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa", *Jurnal Teknologi Separasi*, hal. 348–355.
- Geankoplis, C. J., 2003, "Transport Process and Unit Operations", 4th ed., Prentice Hall, USA.
- Gusti, R. K., 2023, "Analisis Higenitas Pekerja dan Perbandingan Efektivitas Desinfektan Asam Perasetat terhadap Ruang Mini Plant Kampus BSB Unika Soegijapranata", skripsi, Universitas Katholik Soegijapranata, Semarang.
- Hidayati, S., Zuidar, A. S., 2010, "Kajian Penggunaan Asam Perasetat Untuk Pemutihan Terhadap Sifat Kimia Pulp Bagasse Hasil Organosolv", *Jurnal Agroekoteknologi*, volume (2), hal. 1–6.
- Himmelblau, D. M., 1996, "Basic Principles and Calculations in Chemical Engineering", Prentice Hall International, London.
- Kementerian Perindustrian, 2024, "https://tkdn.kemenperin.go.id/".
- Kern, D. Q., 1965, "Process Heat Transfer", McGraw Hill Book Company, Japan.
- Kiejza, D., Kotowska, U., Polińska, W., Karpńska, J., 2021, "Peracids—New Oxidants in Advanced Oxidation Processes: The Use of Peracetic Acid, Peroxymonosulfate, and Persulfate Salts in the Removal of Organic Micropollutants of Emerging Concern", *Science of the Total Environment*, Volume (778), hal.146-156.
- Kinnunen, M., Palomo, A., Salimbayeva, K., Dechesne, A., Albrechtsen, H. J., Smets, B. F., 2019, "A Novel High-Throughput Drip-Flow System to Study Biofilms in Drinking Water Systems", *Nordic Drinking Water Biofilm Symposium*, Kopenhagen, hal.45–50.
- Kusnarjo, 2010, "Desain Bejana Bertekanan", ITS Press, Surabaya.
- Maruta, H., 2018, "Analisis Break Even Point (BEP) Sebagai Dasar Perencanaan Laba bagi Manajemen", *Jurnal Akuntansi Syariah*, Volume (1), hal.9–28.
- Merck, 2023, "Lembar Data Keselamatan Asam Perasetat", hal.1–8.
- Perry, S., Perry, R. H., Green, D. W., Maloney, J. O., 1997, "Perry's Chemical Engineers' Handbook", Seventh Edition, McGraw Hill, New York.
- Peters, M. S., Timmerhaus, K. D., West, R. E., 2003, "Plant Design and Economics for Chemical Engineers", 5th ed., McGraw Hill, Boston.
- Pudas, R., 1997, "Verfahren zur Herstellung von Peressigsäure", *Nucl. Phys.*, 1–5.
- Smartlab, 2016, "Lembar Data Keselamatan Bahan Asam Asetat", hal.1–10.
- Smartlab, 2021, "Lembar Data Keselamatan Bahan Hidrogen Peroksida", hal.1–10.
- Sulianti, I., Lina, F., 2013, "Analisis Kelayakan Finansial Internal Rate of Return (IRR) dan Benefit Cost Ratio (BCR) pada Alternatif Besaran Teknis Bangunan Pasar Cinde Palembang", *Jurnal Teknik Sipil*, hal.1–9.
- Yaws, C. L., 1999, "Chemical Properties Handbook", McGraw Hill, Texas.

