

PRARANCANGAN PABRIK *LACTIC ACID* DARI AMPAS TEBU BERKAPASITAS 7.000 TON/TAHUN DENGAN METODE HIDROLISIS

Desta Rati Mutiarani Arianto¹, Diah Tri Wulandari¹, Diana Madhuri¹, Ratri Sekaringsalih¹, Meta Fitri Rizkiana¹, Ditta Kharisma Yolanda Putri¹

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

*Corresponding Author: tatadesta07@gmail.com

Abstrak

Lactic acid (CH₃CHOHCOOH) is an important chemical used in the food, pharmaceutical, cosmetic, and bioplastic industries. The demand for lactic acid in Indonesia continues to increase; however, it is still largely fulfilled through imports. This preliminary design aims to plan a lactic acid plant with a capacity of 7,000 tons per year using bagasse as the main raw material, due to its abundance in East Java and high cellulose content. The production process includes pre-treatment, hydrolysis, fermentation, and purification stages. The plant is planned to be located in Saradan, Madiun Regency, which offers adequate access to raw materials, transportation, and utilities. The analysis results indicate that the plant is economically feasible and has the potential to reduce import dependency while increasing the added value of sugarcane waste.

Kata kunci : *lactic acid, bagasse, hydrolysis, fermentation, purification*

1. Pendahuluan

Perkembangan industri kimia di Indonesia saat ini menunjukkan peningkatan setiap tahun, baik dari segi kuantitas maupun kualitas, yang berdampak pada meningkatnya kebutuhan bahan baku maupun bahan penunjang. Salah satu bahan kimia yang kian penting bagi berbagai sektor industri adalah asam laktat, yang banyak digunakan dalam bidang pangan, farmasi, hingga bioplastik. Namun, permintaan yang terus meningkat ini belum dapat sepenuhnya dipenuhi oleh produksi dalam negeri, sehingga ketergantungan pada impor masih sangat tinggi (Nurhalizah et al., 2024). Asam laktat atau dikenal juga dengan nama kimia 2-hydroxypropanoic acid (CH₃CHOHCOOH), merupakan salah satu senyawa organik yang memiliki nilai strategis dan aplikasi luas dalam berbagai sektor industri (Ningrum & Lutfiyah, 2022). Keamanan penggunaan asam laktat telah diakui secara internasional, di mana senyawa ini masuk dalam kategori Generally Recognized As Safe (GRAS), yaitu daftar senyawa kimia yang dinyatakan aman untuk digunakan dalam produk makanan dan farmasi oleh badan pengawas seperti FDA (Food and Drug Administration) (Agustin et al., 2023). Ditinjau dari sudut pandang ekonomi, asam laktat memiliki nilai jual yang tinggi dan peluang pasar yang luas, mengingat pertumbuhan kebutuhan global terhadap bahan ini terus meningkat setiap tahunnya seiring dengan berkembangnya industri makanan sehat, kosmetik

berbahan alami, dan material ramah lingkungan seperti bioplastic (Puspita Aini et al., 2025). Salah satu bahan baku yang potensial untuk menghasilkan asam laktat melalui proses fermentasi adalah limbah pertanian, seperti ampas tebu. Ampas tebu sendiri mengandung selulosa 52,8%, hemiselulosa 20%, dan lignin 24,2% sehingga sangat prospektif untuk dijadikan sebagai bahan baku utama dalam produksi pembuatan asam laktat. (Anisa et al., 2022). Pemilihan kapasitas produksi merupakan tahapan penting yang harus dilakukan sebelum mendirikan suatu industri. Langkah tersebut bertujuan agar kapasitas produksi yang dirancang dapat memenuhi kebutuhan konsumsi masyarakat serta menghindari potensi kerugian bagi industri (Ardiansyah & Suryandari, 2023). Perencanaan pabrik asam laktat akan beroperasi pada tahun 2028. Pada penentuan kapasitas perancangan pabrik perlu mempertimbangkan peluang pasar, ketersediaan, dan keberlangsungan pasokan bahan baku. Berdasarkan data impor dan ekspor asam laktat di Indonesia pada tabel 1.1, dapat diperoleh pertumbuhan rata-rata impor dan ekspor tahun 2020 hingga 2024 yang ditunjukkan pada tabel 1.2.



Tabel 1. 1 Data Impor dan Ekspor Asam Laktat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)	
	Impor	Ekspor
2020	4222,60	255,55
2021	3678,84	119,67
2022	3955,42	78,28
2023	4316,12	63,67
2024	5299,40	197,97

Tabel 1. 2 Pertumbuhan Impor dan Ekspor Asam Laktat di Indonesia

Tahun	Jumlah (Ton/Tahun)	
	Impor	Ekspor
2020	0	0
2021	-12,8775	0
2022	7,51813	-0.34590
2023	9,11911	0
2024	197,971	0
Rata-rata	5,308267	-0,06918

Perhitungan persentase pertumbuhan rata rata pada Tabel 1.2 menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$pn = \frac{P_n - P_{n-1}}{P_{n-1}} \text{ (Pers. 1)}$$

Dimana :

P_n : Pertumbuhan Produksi pada tahun ke-n

P_n : Produksi pada tahun ke-n

P_{n-1} : Produksi pada tahun sebelumnya (n-1)

Persentase kenaikan impor-ekspor tersebut selanjutnya dapat digunakan untuk menghitung kenaikan nilai impor dan ekspor pada tahun 2028 menggunakan persamaan berikut.

$$F = P(1 + i)^n \text{ (Pers. 2)}$$

Dimana :

F : Jumlah produk pada akhir tahun (ton)

P : Jumlah produk pada tahun pertama (ton)

I : Pertumbuhan rata-rata per tahun (%)

n : Selisih tahun yang diperhitungkan

Maka didapatkan hasil

- Impor Tahun 2028
 $m1 = 6517,433 \text{ ton}$
- Ekspor Tahun 2028
 $m4 = 197,424 \text{ ton}$

Berdasarkan nilai $m1$ dan $m4$, penentuan kapasitas pabrik asam laktat pada tahun 2028 ditentukan dengan perhitungan pada persamaan 3:

$$m1 + m2 + m3 = m4 + m5 \text{ (Pers. 3)}$$

$$m3 = (m4 + m5) - (m1 + m2)$$

$$m3 = (197,4237 + 6517,433) - (0 + 0)$$

$$m3 = 6174,857 \text{ ton/tahun}$$

$$m3 = 7000 \text{ ton/tahun}$$

Keterangan:

$m1$: nilai impor 2028 (ton)

$m2$: nilai kapasitas produksi lama (ton/tahun)

$m3$: nilai kapasitas produksi baru (ton/tahun)

$m4$: nilai ekspor 2028 (ton)

$m5$: nilai konsumsi dalam negeri (ton)

Berdasarkan perhitungan tersebut, maka didapatkan peluang kapasitas pabrik asam laktat sebesar 7000 ton/tahun.

2. Seleksi dan Uraian Proses

2.1 Tahapan Pre-Treatment

Proses pre-treatment adalah proses yang bertujuan untuk mengolah ampas tebu sebelum dilakukan proses fermentasi menjadi asam laktat. Pada tahapan ini ampas tebu yang disimpan pada tangki penyimpanan (F-111) akan dibawa oleh screw conveyor (J-112) menuju washer (A-113) untuk proses pencucian dan kemudian akan dikeringkan dengan rotary dryer (B-110). Ampas tebu kemudian akan dibawa oleh screw conveyor crusher (J-121) menuju crusher (C-120) untuk dipotong ke ukuran yang lebih kecil sekitar 3 mm, kemudian ampas tebu dibawa oleh screw conveyor vibrator (J-122) dan diayak menggunakan vibrator screen (H-123). Pengecilan ukuran ampas tebu berfungsi untuk mempermudah dalam menghilangkan lignin (delignifikasi) dan untuk memecah selulosa menjadi glukosa (hidrolisis). Ampas tebu yang tidak lolos pengayakan akan akan dibawa oleh screw conveyor crusher (J-124) menuju crusher untuk dihaluskan. Dari langkah pre-treatment ini, kandungan dari ampas tebu yaitu:

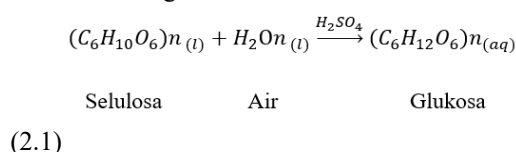
- Selulosa = 52,8%
- Hemiselulosa = 20%
- Lignin = 24,2%
- Air = 3%

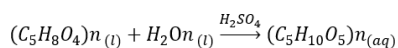
(Anisa et al,2022)

2.2 Tahapan Hidrolisis

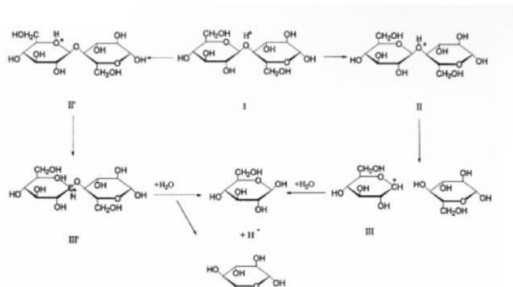
Ampas tebu yang sudah halus akan dibawa ke dalam reaktor berpengaduk yaitu rektor hidrolisis (R210) bertekanan 1 atm dan adanya penambahan H_2SO_4 0,8% dari tangki asam sulfat (R-211) yang

dibantu oleh pompa hidrolisis (L-212). Proses ini menggunakan suhu hingga 110 °C selama 3 Jam. Pada proses hidrolisis selulosa dan hemiselulosa akan terpecah menjadi gula sederhana seperti glukosa dan xilosa. Reaksi yang terjadi saat proses hidrolisis sebagai berikut:





(2.2) Hemiselulosa Air Xilosa



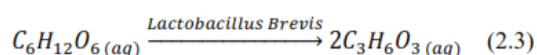
(Joksimovic dan Markovic, 2007)

Slurry kemudian dipisahkan antara larutan (supernathan) dan padatnya menggunakan rotary vacuum filter (H-220) dengan adanya penambahan air dengan suhu 50°C yang berasal dari heater (E-222) yang memiliki suhu 65°C. Rotary vakum filter ini berfungsi untuk menapis zat pengotor yang ada di slurry dengan adanya penambahan air dan menghasilkan produk samping berupa filter cake (blotong).

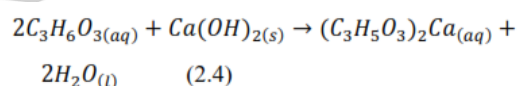
2.3 Tahapan Fermentasi

Pada tahap fermentasi ini menggunakan bakteri *Lactobacillus Brevis*. Fermentasi ini dilakukan di dalam fermentor berpengaduk dan bertekanan 1 atm yang bekerja secara batch. Supernathan akan dipompa (L-321) kedalam tangki fermentor (R-320) bertekanan 1 atm. Bakteri yang berada yeast storage (F-311) dibiakkan di dalam culture tank (R-310) menggunakan media yang mengandung 65 g/L fermentable sugar dan 10 g/L yeast extract yang berasal dari yeast storage tank (F-311) dengan kecepatan putar 160 rpm. Jumlah bakteri yang diinokulasikan di dalam media culture tank sebanyak 0,0003 g/L, kemudian dijaga suhunya 30 °C selama 15 jam dan untuk bakteri yang sudah dibiakkan akan dimasukkan ke dalam tangki fermentor (R-320).

Fermentasi ini dilakukan pada suhu 30 °C di dalam reaktor fermentor berpengaduk (R-320) dan bertekanan 1 atm, reaktor ini bekerja secara batch selama 48 jam. Penambahan larutan buffering $Ca(OH)_2$ dibutuhkan untuk menjaga agar selama proses fermentasi berlangsung pH tetap di angka 6,9. Reaksi yang terjadi saat proses fermentasi yaitu sebagai berikut:



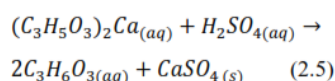
Glukosa Asam laktat



Asam laktat Kalsium hidroksida Kalsium laktat Air

(Sugiharto *et al.*, 2021)

Asam laktat yang dihasilkan setelah proses fermentasi, kemudian akan dipompa oleh pompa storage (L-322) dan masuk ke storage hasil fermentasi (F-323). Kemudian akan masuk ke reaktor acidifier (R-330) bertekanan 1 atm dengan suhu 30°C dan ada penambahan asam sulfat. Reaktor ini berfungsi sebagai pembentuk asam laktat dari kalsium laktat, sedangkan asam sulfat berfungsi sebagai pengasam larutan kalsium sulfat, proses ini dilakukan dengan suhu 30°C dan menghasilkan asam laktat dan kalsium sulfat yang kemudian akan dipompa dengan pompa rotary vacuum filter (L-341) dan masuk ke rotary vacuum filter (H-340) yang memiliki suhu 50°C untuk memisahkannya dari residu. Reaksi yang terjadi saat proses pengasaman pada reaktor acidifier yaitu sebagai berikut:



Ca laktat Asam sulfat Asam laktat Kalsium laktat

(Sugiharto *et al.*, 2021)

2.4 Tahapan Purifikasi dan Finishing

Produk hasil fermentasi akan berupa air, kalsium laktat, dan kalsium asetat. Sebelum memasuki evaporator, asam laktat akan dipompa (L-411) dan masuk ke bleaching tank (F-410) yang memiliki suhu 80°C dan bertekanan 1 atm yang berfungsi untuk menyerap warna asam laktat dengan adanya penambahan karbon aktif. Kemudian akan masuk ke filter press (H-412) yang memiliki suhu 80°C untuk menyaring karbon aktif dari asam laktat dan akan dipompa (L-421) menuju evaporator 1 (V-420a). Pada proses pemurnian ini menggunakan evaporator dengan skema double-effect evaporator karena sistem ini mengurangi kebutuhan energi secara keseluruhan. Selain itu juga untuk menghemat penggunaan steam. Evaporator berfungsi untuk mengurangi kadar air (pemekatan). Evaporator 1 memiliki tekanan 1,4 atm dengan suhu 105°C. Selanjutnya, cairan akan dipompa (L-422) ke evaporator II yang memiliki tekanan 1 atm dan suhu 65°C. Proses evaporasi dilakukan dalam kondisi vakum agar larutan tidak mendidih melebihi suhu tersebut. Setelah melalui evaporator, larutan asam laktat yang dihasilkan



memiliki konsentrasi sebesar 30%. Uap yang berasal dari evaporator II akan masuk ke barometric condensor (E-423) untuk diubah menjadi cairan dan akan masuk ke cooling water return. Lactic Acid hasil dari evaporasi memiliki kemurnian 98% dan dipompa dengan (L-424) untuk disimpan di storage asam laktat (F-425).

3. Utilitas

Unit utilitas ialah unit yang menunjang kegiatan operasional pabrik. Utilitas ini terdiri dari air, listrik, dan bahan bakar.

3.1 Unit Pengolahan Air

Sumber air sangat penting untuk keberlangsungan operasional pabrik lactic acid terutama untuk memastikan proses produksi berjalan dengan efisien dan aman. Untuk keberlangsungan unit utilitas air akan dipenuhi dari aliran Sungai Bengawan Solo, Waduk Widas dan Waduk Saradan yang berada di Kecamatan Saradan. Ketiga sumber mata air ini dipilih karena lokasinya yang sangat dekat dengan pabrik, sehingga memudahkan dalam operasional. Selain itu juga dapat mengurangi biaya instalasi infrastruktur. Total kebutuhan air pada pabrik asam laktat ini sebesar 23128,29 kg/jam.

3.2 Unit Pengadaan Listrik

Listrik berfungsi sebagai tenaga penggerak dari berbagai peralatan proses maupun penerangan. Kebutuhan listrik pada pabrik Asam Laktat akan disuplai oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan jaringan di Kabupaten Madiun. Adapun keperluan lainnya seperti generator untuk mengantisipasi apabila terjadi pemadaman. Dengan begitu, operasional pabrik akan tetap berjalan meskipun terjadi pemadaman. Total kebutuhan listrik sebesar 53967,74 kW/jam.

3.3 Unit Pengadaan Steam

Steam pada pabrik asam laktat memiliki beberapa kegunaan yang sangat penting. Pada pabrik ini, uap yang digunakan adalah uap jenuh (saturated steam). Unit ini bertujuan untuk mencukupi kebutuhan steam pada proses produksi. Steam yang diproduksi pada pabrik lactic acid ini digunakan sebagai media pemanas heat exchanger dan reaktor. Total kebutuhan steam pada pabrik ini sebesar 119,577909 kg/jam.

3.4 Unit Pengadaan Bahan Bakar

Bahan bakar ini sangat diperlukan untuk menjalankan generator diesel yang akan menjadi Cadangan listrik untuk alat pemanas seperti boiler. Kebutuhan bahan bakar ini sangat utama dan mengandalkan pasokan dari PT SHA Solo, dan PT. Pertamina Patra Niaga TBBM, Madiun yang merupakan terminal bahan bakar 21 minyak yang

dikelola oleh PT. Pertamina. Hal ini sangat memudahkan dalam pendistribusian dan pasokan fuel oil di pabrik lactic acid. Total kebutuhan bahan bakar pada pabrik ini sebesar 11149,5205 kg/jam.

4. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi pada prancangan pabrik merupakan aspek penting untuk kelayakan dan mempertimbangkan keuntungan dari pendirian suatu pabrik. Dalam hal ini, ada beberapa aspek yang harus dipertimbangkan terkait kelayakan suatu pabrik yaitu:

- Keuntungan
- Lama waktu pengembalian (Pay Out Time)
- Total modal akhir (Total Capital Investment)
- Laju pengembalian modal (Rate of Return)
- Titik impas (Break Event Point/BEP)

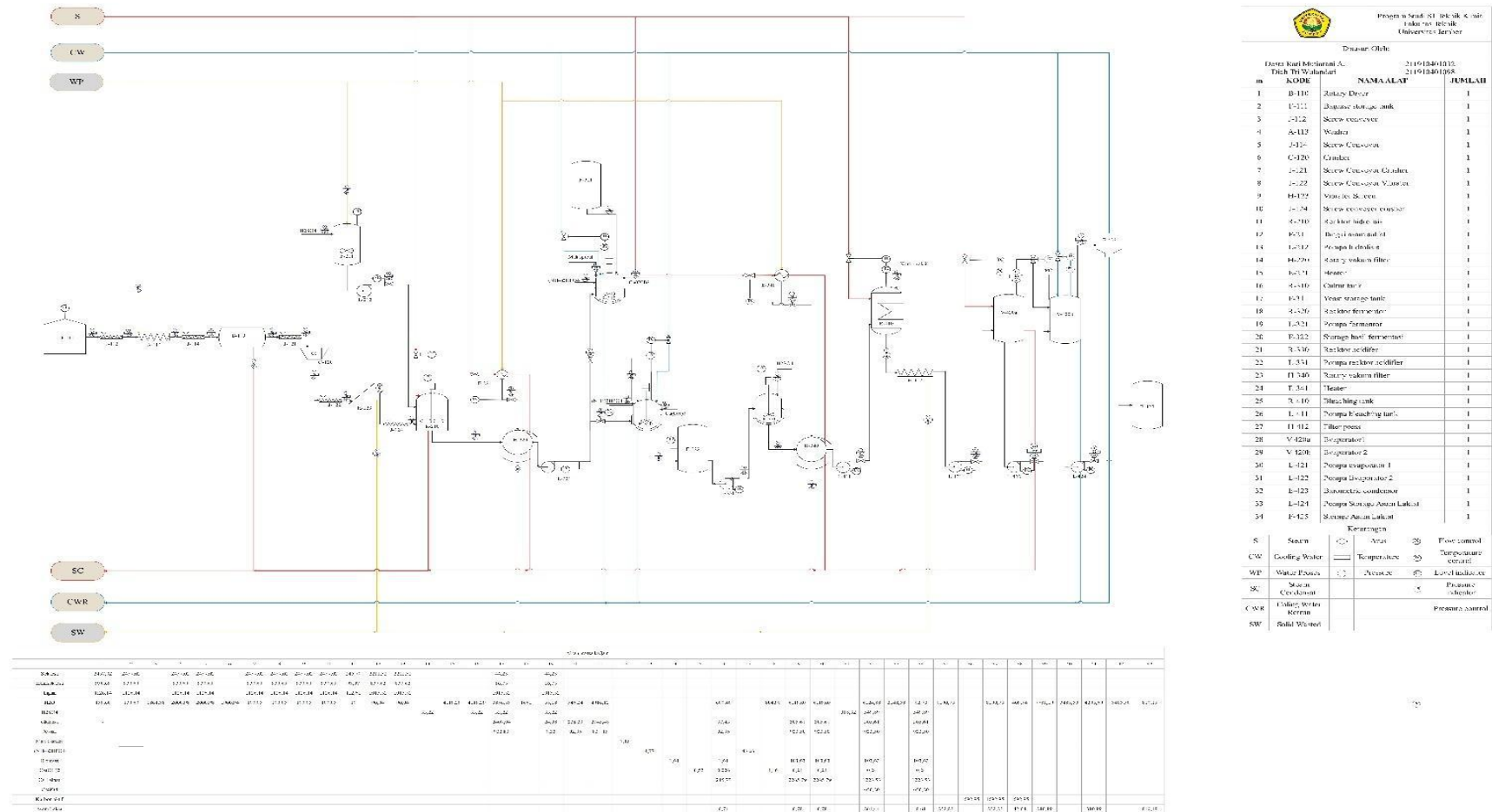
Hasil evaluasi kelayakan ekonomi pabrik asam laktat dapat dilihat pada Tabel 4.1:

Tabel 4.1 Evaluasi Ekonomi Pabrik Asam Laktat

No.	Nama Parameter	Nilai	Kesimpulan
1.	<i>Annual Cash Flow (ACF)</i>	57,5%	ACF > bunga bank, pabrik layak
2.	<i>Pay Out Time (POT)</i>	1,47 tahun	POT < 5 tahun, pabrik layak
3.	<i>Net Profit Over Total Life of the Project (NPOTLP)</i>	Rp. 1,52 triliun	NPOTLP > TCI + Jumlah bunga pinjaman, pabrik layak
4.	<i>Total Capital Sink</i>	Rp. 1,67 triliun	TCS > TCI, pabrik layak
5.	<i>Break Even Point</i>	59,39%	40% < BEP < 60%, pabrik layak



PRA-RANCANGAN PABRIK ASAM LAKTAT DARI AMPAS TEBU DENGAN KAPASITAS 7.000 TON/TAHUN MENGGUNAKAN METODE HIDROLISIS



Gambar 1. Process Flow Diagram Pabrik Lactic Acid

5. Kesimpulan

Berdasarkan uraian pembahasan yang terdapat pada bab sebelumnya dapat disimpulkan bahwa:

1. Asam laktat merupakan senyawa kimia penting yang banyak digunakan di berbagai industri seperti makanan, farmasi, kosmetik, dan bioplastik.
2. Ampas tebu sebagai limbah pertanian melimpah berpotensi menjadi bahan baku produksi asam laktat melalui fermentasi yang ramah lingkungan.
3. Pabrik berkapasitas 7.000 ton per tahun dirancang untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi impor, dan menghasilkan produk samping bernilai guna seperti filter cake dan karbon aktif.
4. Berdasarkan evaluasi ekonomi dinyatakan bahwa pabrik asam laktat dari ampas tebu dengan kapasitas 7.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

Daftar Pustaka

- Agustin, E., Fitria Nopembriani, N., Yani KM, J. A., ULM Banjarbaru, K., & Selatan, K., 2023, "Prarancangan Pabrik Asam Laktat dari Molase dengan Proses Fermentasi Kapasitas 10.000 Ton/Tahun", *Jurnal Tugas Akhir Teknik Kimia*, 6(1), 30–34.
- Aprilliani, C., 2022, "Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3)", *PT Global Eksekutif*, 203.
- Arifin, A. Z. & Harianto, F., 2020, "Pengaruh Penerapan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) serta Lingkungan Kerja terhadap Produktivitas Kerja di Surabaya", *Rekayasa: Jurnal Teknik Sipil*, 5(1), 19. <https://doi.org/10.53712/rjrs.v5i1.856>
- Dhiaul Khuluq, A., 2012, "Potensi Pemanfaatan Limbah Tebu sebagai Pakan Fermentasi Probiotik", *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 4(1), 37–45.
- Evitasari, R. T., Haspadilah, I. H. & Rhomadoni, F. R., 2022, "Pembuatan Pulp dari Kulit Jagung dan Ampas Tebu dengan Metode Acetosolv Pelarut Asam Cuka Apel dengan Variasi Kulit Jagung dan Ampas Tebu", *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 11(2), 136. <https://doi.org/10.29103/jtku.v11i2.8776>
- Fadilah, F., Kaavessina, M., Distantina, S., Setyawhardani, D. A., Kwartiningsih, E., Ramadhani, A. N., Fakhruddin, I. & Tane, A. F., 2022, "Isotherm Adsorpsi Uap Air Komposit Poli(asam laktat)-Grafit", *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 6(1), 1–6. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v6i1.5878>
- Farandi, N., 2021, "Pengaruh Variasi Stator Turbo pada Turbojet Drive untuk Menghemat Bahan Bakar Minyak (BBM) di Kapal Nelayan".
- Filianty, F., 2013, "Strategi Imitasi dan Manajemen Pengetahuan dalam Pengembangan Inovasi PLA (Poly Lactic Acid) pada Agroindustri Kemasan Biodegradabel", 135–146.
- Kamsiati, E., Herawati, H. & Purwani, E. Y., 2017, "Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia / The Development Potential of Sago and Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic in Indonesia", *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 36(2), 67–76. <https://doi.org/10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76>
- Kusuma, E. W., Larasati, A., Nurkhamidah, S. & Altway, A., 2020, "Desain Pabrik LA Tetes Tebu", 8(2).
- Maherawati, Tridayanti, D., Hartanti, L. & Mayasari, E., 2025, "Application of Lactic Acid Bacteria from Traditional Pekasam as a Starter Culture for Laboratory-Scale Pekasam", *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(5), 469–478. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v28i5.62718>
- Ningrum, D. F. & Lutfiyah, N. K., 2022, "Prarancangan Pabrik Asam Laktat (Lactic Acid) dari Pati Singkong (Cassava Starch) dengan Kapasitas 35.000 Ton/Tahun".
- Nurhaliza, S., Anasyah, A., Kimia, J. T., Negeri, P. & Pandang, U., 2024, "Pra Rancangan Pabrik Asam Laktat dari Molase Kapasitas 14.000 Ton/Tahun", skripsi.
- Paramitha, T., 2020, "Karakterisasi Nanokomposit Poly(Lactic Acid)-Spent Bleaching Earth Regenerasi Termomodifikasi [Characterization of Nanocomposite of Poly(Lactic Acid)-Modified Regenerated Spent Bleaching Earth]", 6(2), 90–98.
- Pasaribu, M. J., Yunita, B., Romaji, S., Rahmawati, Y. & Taufany, F., 2021, "Mikrofilamen", 10(2).
- Prastika, A. & Muzakhar, S. S. A., 2023, "Analisis Pemanfaatan Limbah Biomassa sebagai Basis Pengembangan Energi Terbarukan di Kabupaten Jember", *J-Proteksion: Jurnal Kajian Ilmiah dan Teknologi Teknik Mesin*, 8(1), 19–29. <https://doi.org/10.32528/jp.v8i1.472>
- Purnavita, S., Sriyana, H. Y. & Hartini, S., 2014, "Pembuatan Biofilm Poli Asam Laktat/Poli Vinil Alkohol Menggunakan Metode Solution Casting", *Konversi Energi, Kimia Industri dan Lingkungan*, 61–64.
- Purnavita, S., Sriyana, H. Y. & Hartini, S., 2017, "Produksi Poli Asam Laktat dari Limbah Ampas Pati Aren", *Inovasi Teknik Kimia*, 13(2), 53–56.
- Puspita Aini, A., Nurmalasari, E., Rasrendra, B. &



- Sitompul, J., 2023, "Review: Produksi Asam Laktat melalui Jalur Biologi dan Jalur Kimia Katalitik Menggunakan Berbagai Bahan Baku / A Review: Lactic Acid Production through Biological Conversion and Catalytic Chemical Conversion Using Various Raw Materials", *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 20(3).
- Rahmayetty, Barleany, D. R., Irawan, A. & Suhendi, E., 2015, "Sintesa Asam Laktat Berbahan Baku Tandan Kosong *Lactobacillus Acidipillus*", *Jurnal FTUMJ*, 1(1), 1–7.
- Rahmayetty, R., Kanani, N., Fauziah, I. & Ukhdiya, N., 2019, "Pengaruh Laju Pembebanan Substrat terhadap Produksi Asam Laktat Berbahan Baku Molase", *Jurnal Integrasi Proses*, 8(2), 76. <https://doi.org/10.36055/jip.v8i2.6963>
- Rueda-Duran, C. A., Ortiz-Sanchez, M. & Cardona-Alzate, C. A., 2022, "Detailed Economic Assessment of Polylactic Acid Production by Using Glucose Platform: Sugarcane Bagasse, Coffee Cut Stems, and Plantain Peels as Possible Raw Materials", *Biomass Conversion and Biorefinery*, 12(10), 4419–4434. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02501-5>
- Sugiharto, H., Yafi, B. A., Nurkhamidah, S. & Susianto, S., 2021, "Desain Pabrik Kimia Poly Lactic Acid (PLA) dari Bonggol Jagung", *Journal of Fundamentals and Applications of Chemical Engineering (JFACHE)*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.12962/j2964710x.v2i1.12993>
- Suma'mur, P. K., 1981, "Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan", Gunung Agung, Jakarta.
- Susihono, W. & Rini, F. A., 2018, "Penerapan Sistem Manajemen K3 dan Identifikasi Potensi Bahaya", *Teknik Industri*, 11(2), 178.
- Swatika, B., Wibowo, P. A. & Abidin, Z., 2022, "Kecelakaan Kerja dan Produktivitas", *Jurnal Ilmu Kesehatan Masyarakat*, 11(2), 197–204.
- Taylor, P., Davachi, S. M. & Kaffashi, B., 2015, "Polylactic Acid in Medicine", *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 54(1), 37–41. <https://doi.org/10.1080/03602559.2014.979507>

