

PRARANCANGAN PABRIK ASAM LEVULINAT DARI KULIT PISANG MELALUI PROSES BIOFINE DENGAN KATALIS ASAM SULFAT KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN

Eka Puji Susanti^{1,*}, Hanifah Asilah¹,
Yukti Nurani¹, Helda Wika Amini¹, Ansori Ansori¹

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

*E-mail: ekapsusanti@gmail.com

Abstrak

Asam levulinat merupakan senyawa kimia berbasis biomassa yang memiliki potensi luas sebagai bahan antara pada industri kosmetik, farmasi, dan manufaktur. Hingga saat ini, kebutuhan asam levulinat di Indonesia masih dipenuhi melalui impor karena belum tersedianya industri dalam negeri. Oleh karena itu, pada tugas akhir ini dilakukan prarancangan pabrik asam levulinat dengan memanfaatkan limbah kulit pisang sebagai bahan baku, mengingat ketersediaannya yang melimpah dan kandungan selulosa yang cukup tinggi. Pabrik dirancang menggunakan proses Biofine dengan katalis asam sulfat (H_2SO_4), yang dipilih berdasarkan pertimbangan yield yang tinggi dan kesesuaian teknologi. Kapasitas produksi pabrik direncanakan sebesar 32.000 ton per tahun dengan lokasi pendirian di Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur. Proses produksi meliputi tahap pretreatment bahan baku melalui steam explosion dan delignifikasi, diikuti reaksi hidrolisis selulosa menjadi asam levulinat, serta tahap pemurnian menggunakan filtrasi dan distilasi. Analisis ekonomi menunjukkan total investasi modal sebesar Rp 1.704.563.457.883, biaya operasional tahunan sebesar Rp 1.794.878.069.575, dan laba bersih sebesar Rp 204.479.085.906. Masa pengembalian modal adalah 4 tahun, Rate of Return (ROR) adalah 12,00%, dan titik impas (BEP) 46,67%. Berdasarkan hasil evaluasi menunjukkan bahwa pabrik layak didirikan secara teknis dan ekonomis serta berpotensi mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan nilai tambah limbah pertanian, dan mendukung pengembangan industri berbasis sumber daya terbarukan di Indonesia.

Kata kunci : Asam Levulinat, biomassa, biofine, analisa ekonomi

1. Pendahuluan

Asam levulinat atau asam 4-oksopentanoat adalah senyawa organik dengan rumus $CH_3COCH_2CH_2COOH$ (Ghorpade et al., 1997). Asam levulinat mengandung gugus keton dan gugus asam karboksilat (Meinita et al., 2021). Senyawa ini dapat digunakan untuk mensintesis berbagai senyawa salah satunya pada aplikasi kosmetik (Seretis et al., 2020). Kebutuhan asam levulinat terus mengalami peningkatan setiap tahunnya hal ini dapat dilihat dari data impor badan pusat statistik. Namun hal ini cukup sulit untuk diatasi mengingat industri asam levulinat yang belum tersedia di Indonesia. Hingga saat ini bahan kimia berupa asam levulinat masih diimpor dari beberapa negara seperti China, Jerman, India, Italia, Jepang, Korea Selatan, Amerika Serikat, dan lain-lain (Badan Pusat Statistik, 2024). Asam levulinat dapat diolah dari limbah pertanian seperti ampas tebu, jerami padi, rumput, dan lain-lain. Kandungan lignoselulosa pada limbah pertanian akan dipecah menjadi glukosa, sukrosa, fruktosa, dan xilosa yang akan menghasilkan asam levulinate (Kumar et al., 2019). Limbah pertanian di Indonesia memiliki ketersediaan yang begitu melimpah. Pendirian pabrik asam levulinat

akan mengoptimalkan penggunaan limbah pertanian yang belum dimanfaatkan secara maksimal.

Pisang (*Musa* sp.) merupakan salah satu jenis tumbuhan yang begitu melimpah akan tetapi limbah kulit buahnya belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan kulit pisang di Industri belum begitu luas dan hingga saat ini hanya dimanfaatkan buahnya (Rahmi et al., 2021). Kulit pisang dapat menjadi salah satu pilihan untuk produksi asam levulinat. Kandungan selulosa sendiri pada kulit pisang sebanyak 14,4% (Sa'diyah & Lusiani, 2022). Ketersediaan kulit pisang begitu melimpah di Indonesia, tercatat produksi pisang pada tahun 2023 sebanyak 9.335.232 ton/tahun (Badan Pusat Statistik, 2024). Tahun 2020 kebutuhan asam levulinat secara global mengalami peningkatan hingga 3.820 ton dengan laju sebesar 5,7% per tahun (RAHMAN et al., 2022). Dengan memanfaatkan biomassa limbah pertanian akan mengurangi ketergantungan pada bahan baku fosil dan mendukung prinsip keberlanjutan.

Pendirian pabrik asam levulinat akan mendukung Indonesia menuju ekonomi berbasis sumber daya terbarukan. Asam levulinat memiliki potensi yang cukup luas serta peran untuk menggantikan produk



berbasis fosil seperti bahan bakar, pelarut, dan zat adiktif pada industri kosmetik atau farmasi. Pemanfaatan limbah biomassa akan mendukung pengelolaan limbah berkelanjutan dan menciptakan nilai tambah dari sumber daya yang belum dimanfaatkan. Prarancangan pabrik diharapkan dapat mendorong inovasi serta teknologi, menciptakan lapangan pekerjaan, dan mendukung ekonomi daerah penghasil biomassa. Maka dari itu, perlu dilakukan prarancangan pabrik asam levulinat yang dapat memenuhi kebutuhan asam levulinat di Indonesia serta dapat mengurangi kegiatan impor.

2. Uraian Proses

Pemilihan proses dilakukan untuk mendapatkan proses yang efisien sesuai dengan beberapa pertimbangan. Secara umum asam levulinat diproduksi menggunakan proses hidrolisis senyawa karbon dengan rantai karbon minimal (C-6) dengan senyawa asam sebagai katalis.

Tabel 1. Perbandingan proses produksi asam levulinat

Proses	Parameter		
	Suhu	Tekanan	Hasil
Biofine	1600C	1 atm	99%
Ion Exchange	850C	<1 atm	75%
Ionic Liquid	1100C	1 atm	50%

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan perbandingan proses asam levulinat, maka dipilih proses biofine melalui beberapa pertimbangan. Pemilihan proses tersebut didasarkan pada yield yang dihasilkan lebih besar.

Proses Pembuatan Asam Levulinat yang dipilih berdasarkan US patent No. 6,054,611, 25 April 2000, dapat dibagi menjadi beberapa tahap sebagai berikut.

a Tahap Persiapan Bahan Baku (Pretreatment)

Pretreatment yang dilakukan menggunakan steam explosion untuk fraksinasi antara selulosa dan hemiselulosa dan dilanjutkan delignifikasi untuk memisahkan kandungan lignin pada kulit pisang. Pretreatment ini mengacu pada penelitian (Rocha et al., 2012). Kulit pisang merupakan bahan baku utama penting yang diperoleh dari beberapa produsen di Jawa Timur. Kulit pisang yang dikirimkan oleh produsen sudah dalam kondisi kering dan berupa padatan yang disimpan dalam Gudang penyimpanan kulit pisang (F 111) dengan kondisi operasi yaitu suhu 300C dan tekanan 1 atm. Kulit pisang dibawa menggunakan screw conveyor (F 112) menuju hammer crusher (C 113). Keluaran dari hammer crusher (C 113) didapatkan kulit pisang dengan ukuran 0,01 0,1 mm. Kulit pisang yang berasal dari hammer crusher (C 113) dibawa menggunakan screw conveyor (J 114) dan dimasukkan ke dalam tangki steam explosion (D-110).

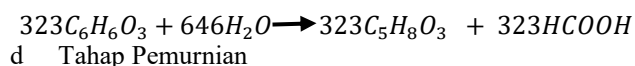
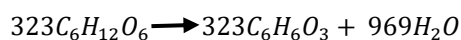
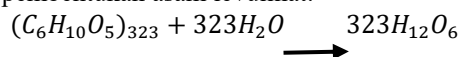
b Pemisahan Selulosa

Pada tangki steam explosion (D-110), steam

diinjeksikan sampai tekanan menjadi 12,83 atm dengan suhu 191,61°C. Setelah 15 menit, reaktor secara spontan diturunkan tekanannya oleh operator yang berdiri pada jarak yang aman, dan slurry yang meledak dengan uap dialirkan keluar menuju cyclone (H-115) untuk memisahkan slurry dengan uap. Slurry akan keluar menuju centrifuge (H-117) untuk dicuci dan dipisahkan antara senyawa selulosa dan hemiselulosa hingga dihasilkan fraksi padat yang terdiri dari selulosa, lignin dan ash. Adapun fraksi cairnya adalah hemiselulosa yang terlarut dalam air. Hemiselulosa akan mengalir keluar menuju unit lainnya. Pencucian pulp dilakukan sampai pulp berwarna kuning benar-benar hilang. Senyawa selulosa dan lignin yang dihasilkan selanjutnya di pindahkan menggunakan screw conveyor (J-118) menuju tangki delignifikasi (R-120). Proses delignifikasi dilakukan untuk menghilangkan kadar lignin dengan menggunakan tangki berpengaduk yang diberi larutan NaOH 1% dan dipanaskan hingga 100C. Ketika waktu operasi sudah selesai maka campuran tersebut difiltrasi untuk memisahkan fase padat dengan menggunakan centrifuge (H-128), pulp selulosa akan dicuci dan dipisahkan dari kandungan lignin dan NaOH. Kemudian pulp selulosa akan dipindahkan menggunakan screw conveyor (J-216) menuju reaktor (R-210) untuk di hidrolisis menjadi asam levulinat.

c Sintesis asam levulinat

Selulosa yang dihasilkan masih berbentuk pulp kemudian dibawa menuju reaktor (R-210) saat di reaktor terjadi reaksi hidrolisis dimana terdapat penambahan H₂SO₄ 7% berat sebagai katalis. Reaksi hidrolisis menggunakan Continuous Stirred Tank Reactor (R 210) dan terdapat impeller dengan kecepatan 40 rpm dengan kondisi suhu 2000C selama 15-30 menit (Mullen et al., 2017). Proses hidrolisis terjadi 3 reaksi yaitu selulosa menjadi glukosa dan glukosa yang bereaksi membentuk 5-Hidroksimetilfurfural dan H₂O (Fitzpatrick,1975). 5-Hidroksimetilfurfural akan bereaksi dengan air dan katalis H₂SO₄ menghasilkan asam levulinat dan asam format. Berikut adalah reaksi yang terjadi saat pembentukan asam levulinat:



d Tahap Pemurnian

Output dari reaksi hidrolisis dialirkan menuju rotary vacuum filter (H-218) untuk dipisahkan sisa-sisa padatan dari kulit pisang yang tidak terhidrolisis. Padatan hasil dari rotary vacuum filter (H-218) dibawa ke unit pengolahan limbah. Kemudian dari rotary vacuum filter (H-218) dipompa (L-219) menuju ke kolom distilasi (D-310) untuk memisahkan H₂SO₄ dan asam levulinat yang terbentuk. Sebelum



dipisahkan campuran H_2SO_4 dan asam levulinat melalui Heater (E-311) agar suhu larutan tersebut meningkat hingga 2750°C untuk memisahkan H_2SO_4 yang kemudian dialirkan ke pengolahan limbah. Sementara asam levulinat yang menguap dialirkan menuju kondensor (E-312) untuk mengubah asam levulinat dari fasa uap menjadi cair. Kemudian asam levulinat dipompa (L-315) menuju Cooler (E-316) untuk didinginkan terlebih dahulu sebelum disimpan di tangki penyimpanan asam levulinat (F-315) (Mullen et al, 2017).

3. Neraca Massa & Neraca Energi

Pabrik Asam Levulinat dirancang beroperasi 330 hari/tahun dengan jam kerja 24 jam dalam sehari. Berdasarkan perhitungan neraca massa, pabrik Asam Levulinat membutuhkan bahan baku kulit pisang sebanyak 3.968,25 kg/jam dan menghasilkan Asam Levulinat sebanyak 17.428,30 kg/jam. Kebutuhan panas disediakan oleh unit pembangkit *steam* di utilitas. *Steam* masuk pada suhu 300°C . Total kebutuhan *steam* yang diperlukan sebesar 52.749,65 kg/jam.

4. Utilitas

Utilitas merupakan salah satu bagian yang sangat diperlukan untuk menunjang jalannya proses dalam suatu industri kimia. Unit utilitas di pabrik Asam Levulinat ini terdiri dari: pengadaan *steam*, pengadaan air, pengadaan listrik dan pengadaan bahan bakar. Berdasarkan pada unit proses maka rangkuman kebutuhan bahan penunjang yang harus disediakan secara kontinyu oleh unit utilitas untuk keberlangsungan operasional pabrik asam levulinate dari kulit pisang dengan kapasitas 32.000 ton/tahun, adalah sebagai berikut:

- Unit Pengolahan Air
- Unit Pengadaan Steam
- Unit pengadaan tenaga Listrik
- Unit bahan bakar
- Unit pengolahan Limbah

Kebutuhan air domestik sebanyak 4.467,78 kg/jam, kebutuhan air pendingin 84.291.550,61 kg/jam, kebutuhan air proses 529.552,02 kg/jam, dan air umpan boiler sebanyak 52.749,65 kg/jam, dan kebutuhan *steam* 52.749,65 kg/jam. Tenaga listrik yang dibutuhkan untuk bangunan kantor dipenuhi oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) serta Generator Set digunakan untuk memenuhi kebutuhan listrik proses dan utilitas, dengan total kebutuhan daya sebanyak 930.31 kW/jam. Selain itu, akan digunakan suplai daya cadangan dengan menggunakan diesel (generator) untuk mendukung kondisi gangguan pemadaman atau maintenance penyedia listrik utama. Bahan bakar yang digunakan berupa bahan bakar minyak diesel dengan total kebutuhan sebesar 132,3449 liter/jam dan

Anthracite coal dengan total kebutuhuna sebesar 10.186,2405 kg/jam.

5. Evaluasi Ekonomi

Evaluasi ekonomi bertujuan untuk menilai kelayakan pendirian sebuah pabrik berdasarkan hasil rancangan yang telah dibuat. Dalam proses ini, beberapa komponen utama yang perlu dianalisis meliputi Total Capital Investment (TCI) atau total investasi modal, Total Production Cost (TPC) atau biaya keseluruhan produksi, Pay Out Time (POT) yang menunjukkan waktu pengembalian investasi, Rate of Investment (ROI) atau tingkat pengembalian modal, serta Break Even Point (BEP) yang menunjukkan titik impas produksi.

Total Capital Investment (TCI) mencerminkan total dana yang dibutuhkan untuk membangun pabrik, yang mencakup Fixed Capital Investment (FCI) sebagai modal tetap dan Working Capital Investment (WCI) sebagai modal kerja. Sementara itu, Total Production Cost (TPC) menggambarkan keseluruhan biaya operasional yang diperlukan untuk menjalankan proses produksi di pabrik.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI), keuntungan adalah selisih positif antara pendapatan dan biaya, atau laba. Waktu pengembalian modal merupakan periode yang dibutuhkan pabrik untuk menutup kembali investasi awalnya.

Tingkat pengembalian investasi atau ROI adalah perbandingan antara laba bersih yang diperoleh dan jumlah modal yang diinvestasikan. Agar investasi dianggap layak, ROI harus lebih tinggi dibandingkan suku bunga bank. Dalam studi ini, bunga acuan berasal dari Bank Mandiri sebesar 2,25%. Adapun Break Even Point (BEP) menggambarkan kapasitas produksi saat pendapatan sama dengan biaya operasional, sehingga tidak ada laba maupun rugi. Suatu pabrik dinyatakan ekonomis apabila BEP-nya berada dalam kisaran 40% hingga 60% dari kapasitas produksi maksimum. Rincian hasil evaluasi ekonomi untuk pabrik Asam levulinat dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 2. Evaluasi Ekonomi Pabrik

Parameter	Nilai	Kesimpulan
Total modal	Rp 1.704.563.457.883	
Biaya Produksi	Rp 1.794.878.069.575	
POT	4 tahun	Layak
ROR	12,00%	Layak
BEP	46,67%	Layak



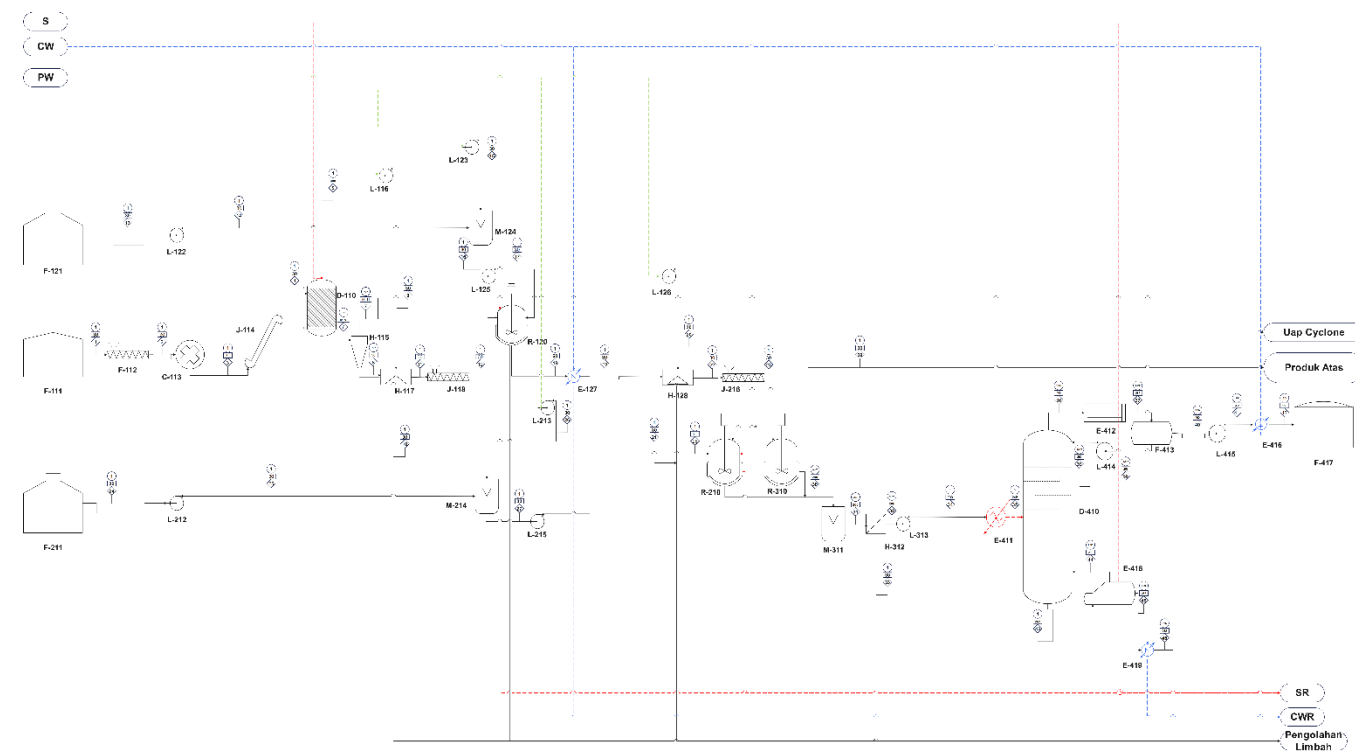


**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
KIMIA
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER**
**DIAGRAM ALIR PRA-RANCANGAN PABRIK
ASAM LEVLINAT DARI KULIT PISANG MELALUI
PROSES BIOFENOL DENGAN KATALIS ASAM
SULFAT KAPASITAS 32.000 TON/TAHUN**

EKA PUJI SUSANTI (211910401044)
HANIFAH ASILAH (211910401099)

DOSEN PEMBIMBING UTAMA
YUKTI NURANI M.T

No.	Kode Alat	Keterangan
1.	F-111	Tangki Kuli Piang
2.	F-112	Belt Conveyor
3.	C-113	Hammer Crusher
4.	J-114	Bucket Elevator
5.	D-110	Tangki Steam Explosion
6.	H-115	Cyclone
7.	L-117	Pompa
8.	H-118	Centrifuge
9.	J-118	Screw Conveyor
10.	R-120	Tangki Delignifikasi
11.	F-121	Tangki NaOH
12.	L-122	Pompa
13.	L-123	Pompa
14.	M-124	Mixer
15.	L-125	Pompa
16.	L-126	Pompa
17.	E-127	Cooler
18.	H-128	Centrifuge
19.	R-210	Reaktor
20.	R-310	Reaktor
21.	M-311	Mixer
22.	F-211	tangki H2SO4
23.	L-212	Pompa
24.	L-213	Pompa
25.	M-214	Mixer
26.	L-215	Pompa
27.	H-216	Screw Conveyor
28.	H-312	Filter
29.	L-313	Pompa
30.	E-411	Heater
31.	D-410	Menara Distilasi
32.	E-412	Kondensor
33.	F-413	Accumulator
34.	L-414	Pompa
35.	L-415	Pompa
36.	E-416	Cooler
37.	F-417	Tangki Asam Levulinat
38.	E-418	Reboiler
39.	E-419	Cooler

[illegible]

	Keterangan
S	Steam
CW	Cooling Water
SR	Steam Return
CWR	Cooling Water Return
PW	Process Water

	Keterangan
	Tekanan
	Nomor Aliran
	Suhu

Gambar 1. PFD Asam Levulinat

6. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari uraian bab 1 hingga bab 6 pra-rancangan pabrik asam levulinat dengan kapasitas 32.000 ton/tahun adalah sebagai berikut:

- Pabrik asam levulinat dirancang memiliki kapasitas sebesar 32.000 ton/tahun;
- Lokasi pabrik asam levulinat direncanakan berada di Desa Klurak, Kecamatan Candi, Kabupaten Sidoarjo, Provinsi Jawa Timur;
- Proses produksi asam levulinat menggunakan proses kontinyu dengan metode biofine;
 - Kebutuhan bahan baku kulit pisang yang diperlukan untuk proses produksi adalah 3.968,25 ton/tahun;
 - Pabrik didirikan dengan tiga unit proses, yaitu tahap perlakuan awal, tahap reaksi, dan tahap pemurnian;
 - Pabrik layak didirikan berdasarkan evaluasi ekonomi yang meliputi:
 - Annual Cash Flow (ACF) sebesar 20,00%
 - Pay Out Time (POT) selama 4 tahun,
 - Rate of Return (ROR) sebesar 12,00%,
 - Break Event Point (BEP) sebesar 46,67%.

Dari hasil uraian di atas, ditinjau dari segi teknis, ekonomi, dan lingkungan, pabrik asam levulinat dari kulit pisang ini layak didirikan.

Daftar Pustaka

- Anshori, M Isya. (2023). *Ekonomi Bisnis*. <https://afederasi.com/pikat-pelanggan-melalui-instory-olahan-keripik-pisang-ala-pkk-desa-puncu-kediri-tak-pernah-sepi> Diakses pada 19 April 2025
- Arifin, Jawanto. (2021). *Kraksaan*. <https://radarbromo.jawapos.com/kraksaan/1001620075/sale-pisang-umkm-probolinggo-tembus-pasar-berbagai-daerah> Diakses pada 19 April, 2025.
- Arnofia, Lizza. (2021). *Wisata & Kuliner*. <https://blokbojonegoro.com/2021/06/02/manfaat-lahan-pekarangan-wanita-asal-bonorejo-sukses-produksi-sale-pisang/?m=1> Diakses pada 19 April 2025
- Arnofia, Lizza. (2021). *Ekonomi & Migas*. <https://blokbojonegoro.com/2023/05/17/sempat-terdampak-pandemi-produsen-keripik-pisang-gablok-sukses-buka-peluang-lapangan-kerja/?m=1> Diakses pada 19 April 2025
- Arnofia, Lizza. (2023). *Ekonomi & Migas*. <https://blokbojonegoro.com/2023/05/28/owner-keripik-pisang-kepok-spesialis-coklat-jadi-young-ambassador-agriculture-kementan-2023/?m=1> Diakses pada 19 April 2025
- Árvai, C., Medgyesi, Z., Lui, M. Y., & Mika, L. T. (2024). The Chemistry of Levulinic Acid: Its Potential in the Production of Biomass-Based Chemicals. *Advanced Synthesis and Catalysis*. <https://doi.org/10.1002/adsc.202401086>
- Blanco-Cejas, J., Martín, S., Linares, M., Iglesias, J., & Moreno, J. (2023). Life cycle assessment applied to bio-based platform molecules: Critical review of methodological practices. *Journal of Cleaner Production*, 414(November 2022), 137513. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137513>
- Bryan. C. Redmon, Baltimore. (1956). PROCESS FOR THE PRODUCTION OF LEVULINIC ACID. *US Patent 2,738,367*. 1–2.
- Djumena Erlangga & Andi Hartik. (2018). *Ekonomi*. [https://money.kompas.com/read/2018/09/26/181100526/pabrik-soyjoy-di-indonesia-mampu-produksi-60-juta-kemasan#:~:text=Pabrik%20itu%20berdiri%20seluas%204.000%20meter%20persegi,keterangan%20terulis%20yang%20diterima%20Kompas.com%2C%20Rabu%20\(26/9/2018\)](https://money.kompas.com/read/2018/09/26/181100526/pabrik-soyjoy-di-indonesia-mampu-produksi-60-juta-kemasan#:~:text=Pabrik%20itu%20berdiri%20seluas%204.000%20meter%20persegi,keterangan%20terulis%20yang%20diterima%20Kompas.com%2C%20Rabu%20(26/9/2018)). Diakses Pada 19 April 2025
- Ernest, L. (2007). (12) *United States Patent*. 2(12).
- Fitzpatrick, S. W. (1975). PRODUCTION OF LEVULINIC ACID FROM CARBOHYDRATE-CONTAINING MATERIALS. *US Patent 5,608,105*, 19, 58–60.
- Farone, A. William, Irvine, John E. Cuzens, Santa Ana. (2000). Method For The Production of Levulinic Acid and Its Derivatives. *US Patent 6,054,611* (19). 19.
- Ghorpade, V., Hanna, M., & Agricultural, I. (1997). *INDUSTRIAL APPLICATIONS FOR LEVULINIC*. 49–55.
- Girisuta, B., Dussan, K., Haverty, D., Leahy, J. J., & Hayes, M. H. B. (2013). A kinetic study of acid catalysed hydrolysis of sugar cane bagasse to levulinic acid. *CHEMICAL ENGINEERING JOURNAL*, 217, 61–70. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.11.094>
- Hayes, D. J., Ross, P. J., Hayes, P. M. H. B., & Fitzpatrick, P. S. (1999). *The Biofine Process : Production of Levulinic Acid , Furfural and Formic Acid from Lignocellulosic Feedstocks*.
- Krisdanti. (2019). B. A. B., Pustaka, A. T., & Buah, P. 24–48.
- Ilmia, Lailatul. (2023). *Ilmu Sosbud*. <https://www.kompasiana.com/lailatul92265/63dfa4bc3f640d45492f66c2/asin-dan-manis-keripik-pisang-sukosari-yang-membuat-nagih> Diakses pada 19 april, 2025.
- Khan, A. S., Man, Z., Bustam, M. A., Nasrullah, A., Ullah, Z., Sarwono, A., Shah, F. U., & Muhammad, N. (2017). Efficient Conversion of Lignocellulosic Biomass to Levulinic Acid Using Acidic Ionic Liquids. *Carbohydrate Polymers*. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.064>
- Kumar, A., Shende, D. Z., & Wasewar, K. L. (2019). Production of levulinic acid: A promising building block material for pharmaceutical and food industry. *Materials Today: Proceedings*, 29, 790–793. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.04.749>

- Kusnarjo. (2010). *Desai Pabrik*. 4(1), 1–23.
- Lucas, A., Fraga, V., Aguiar, D., Campos, L. M. A., & Pontes, L. A. M. (2027). *Quim. Nova.*, 44(10), 1300–1310.
- Lui, M. Y., Yuet, C., Wong, Y., Choi, A. W., Mui, Y. F., Qi, L., & Horva, T. (2019). *Valorization of Carbohydrates of Agricultural Residues and Food Wastes: A Key Strategy for Carbon Conservation*.
<https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b04242>
- Mahmudan. (2025). *Kabupaten Malang*.
<https://www.google.com/amp/s/radarmalang.jawapos.com/kabupaten-malang/amp/815688455/umkm-keripik-pisang-kecamatan-pakis-terkendala-pemasaran>
Diakses pada 19 April, 2025.
- Meinita, M. D. N., Amron, A., Trianto, A., Harwanto, D., Caesarendra, W., Jeong, G. T., & Choi, J. S. (2021). Levulinic acid production from macroalgae: Production and promising potential in industry. *Sustainability (Switzerland)*, 13(24), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su132413919>
- Mota, C. J. A., Lima, A. L. de, Fernandes, D. R., & Pinto, B. P. (2023). Levulinic Acid – History, Properties, Global Market, Direct Uses, Safety. *Levulinic Acid*, 1–17.
<https://doi.org/10.1002/9781119814719.ch1>
- Muhaimin, Agus. (2025). *Ekobis*.
<https://www.google.com/amp/s/blitarkawentar.jawapos.com/ekobis/amp/2275875883/pemilik-usaha-ungkap-resep-rahasia-keripik-pisang-gepok-asal-selopuro-blitar>. Diakses pada 19 April 2025.
- Mullen, B. D., Yontz, D. J., & Leibig, C. M. (2017). PROCESS TO PREPARE LEVULINIC ACID. *US Patent No.9598341 B2*, 2(12).
- Nashrillah, Faiz. (2024). Jawa Timur.
https://jatim.idntimes.com/news/indonesia/faiz-nashrillah/kisah-umkm-pengusaha-keripik-pisang-di-sidoarjo?page=all&gl=1*8069d0*ga*ZzRoZlp5TjZyOXFjSkFySXFpa1BXUGJIZmdNNVFhODJ0OGdlZ1ZVUEJlQnJhUTlPQmc1VWVYkcsyWmVfWm4zLQ..*ga_TT180KERFB*MTc0NTA3NjY1Ni4xLjAuMTc0NTA3NjY1Ni4wLjAuMA. Diakses Pada 19 April 2025
- Oktafiyanti, Yuanita. (2023). *UMKM*.
<https://rri.co.id/malang/umkm/508470/keripik-pisang-bu-watik-usaha-rumahan-demi-nafkahi-keluarga> Diakses pada 19 April, 2019.
- Pacific, T. W., National, N., National, G. P., & Energy, R. (n.d.). *Top Value Added Chemicals from Biomass Volume I — Results of Screening for Potential Candidates from Sugars and Synthesis Gas Top Value Added Chemicals From Biomass Volume I: Results of Screening for Potential Candidates*.
- Paper, M., The, F., Of, C., Dregs, T., Kepok, B., Waste, S., Alkalization, W., & Method, S. (2019). *PEMBUATAN KERTAS RAMAH LINGKUNGAN KOMBINASI LIMBAH*. 6(2), 80–91.
- Putra R.K.R. (2020). *Pengendalian Produksi Kripik Pisang UD. Sri Rejeki di Kabupaten Lumajang*. Studi, P., Administrasi, I., Administrasi, J. I., Ilmu, F., Dan, S., Politik, I., & Jember, U. (2020). *Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember Digital Digital Repository Repository Universitas Universitas Jember Jember*.
- RAHMAN, D. A., HARAHA, A. F. P., & GOZAN, M. (2022). Techno-economic evaluation of integrated levulinic acid, formic acid, and furfural plant from oil palm empty fruit bunch with pre-treatment variations. *E-Journal Menara Perkebunan*, 90(1), 51–60.
<https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v90i1.485>
- Rahmi, A., Hardi, N., & Hevira, L. (2021). AKTIVITAS ANTIOKSIDAN EKSTRAK KULIT PISANG KEPOK, PISANG MAS DAN PISANG NANGKA MENGGUNAKAN METODE DPPH. *Jurnal Ilmu Farmasi Dan Farmasi Klinik (JIFFK)*, 18(2), 77–84.
- Ristanto, Hengky. (2023). *Features*.
<https://radarmadiun.jawapos.com/features/801222818/keripik-pisang-buatan-novi-tembus-toko-modern-berjejaring-nasional> Diakses pada 19 April, 2025.
- Ristanto, Hengky. (2023). *Features*.
<https://radarmadiun.jawapos.com/features/801222723/indah-ratnawati-pilih-pisang-bawen-sebagai-bahan-keripik> Diakses pada 19 April, 2025.
- Rubiah, Hilda. (2024). *Kisah Inspiratif*.
<https://www.google.com/amp/s/jabar.tribunnews.com/amp/2024/01/19/kisah-warga-kediri-sukses-usaha-keripik-pisang-dan-gadung-modal-rp-350-ribu-goreng-pakai-kayu-bakar>. Diakses pada 19 April, 2025.
- Rocha, G. J. M., Martín, C., Vinicius, F. N., Gómez, E. O., & Gonçalves, A. R. (2012). Bioresource Technology Mass balance of pilot-scale pretreatment of sugarcane bagasse by steam explosion followed by alkaline delignification. *Bioresource Technology*, 111, 447–452.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.02.005>
- Sa'diyah, K., & Lusiani, C. E. (2022). Kualitas Karbon Aktif Kulit Pisang Kepok Menggunakan Aktivator Kimia dengan Variasi Konsentrasi dan Waktu Aktivasi. *Jurnal Teknik Kimia Dan Lingkungan*, 6(1), 9–19. <https://doi.org/10.33795/jtkl.v6i1.259>
- Santoso, Gono Dwi. (2023). *Kuliner*.
<https://suaraIndonesia.co.id/news/kuliner/6406f9e1a3161/keripik-pisang-asli-wonosalam-enak-dan-gurih-banyak-diburu-pelanggan> Diakses pada 19 April, 2025.
- Saputra, Hendra. (2023). *Ekonomi*.
<https://jatimtimes.com/amp/baca/283629/20230214/071900/dijual-di-indomaret-keripik-pisang->

- [maura-makin-dikenal-dan-berkembang](#) Diakses pada 19 April, 2025.
- Schmidt, L. M., Mthembu, L. D., Reddy, P., Deenadayalu, N., Kaltschmitt, M., & Smirnova, I. (2017). Levulinic acid production integrated into a sugarcane bagasse based biorefinery using thermal-enzymatic pretreatment. *Industrial Crops and Products*, 99, 172–178. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.02.010>
- Seretis, A., Diamantopoulou, P., Thanou, I., & Tzevelekidis, P. (2020). *Recent Advances in Ruthenium-Catalyzed Hydrogenation Reactions of Renewable Biomass-Derived Levulinic Acid in Aqueous Media*. 8(April), 1–22. <https://doi.org/10.3389/fchem.2020.00221>
- Sheldon-Coulson, G. A. (2011). *Production of levulinic acid in urban biorefineries* (Doctoral dissertation, Massachusetts Institute of Technology). Soetomo. (2017). *Features*. <https://m.jpnn.com/amp/news/dulu-kuli-batu-kini-jadi-bos-sudah-keluarkan-rp-2-m-untuk-bangun-masjid> Diakses Pada 19 April 2025
- Sutini, S., Widiastuty, Y. R., & Ramadhani, A. N. (2020). Review: Hidrolisis Lignoselulosa dari Agricultural Waste Sebagai Optimasi Produksi Fermentable Sugar. *Equilibrium Journal of Chemical Engineering*, 3(2), 59. <https://doi.org/10.20961/equilibrium.v3i2.42788>
- Syamsuddin. (2023). *UMKM*. <https://rri.co.id/index.php/umkm/397809/kisah-keripik-pisang-malang-tembus-pasar-hong-kong>. Diakses Pada 19 April 2025
- Tejero, M. A., Ramírez, E., Fité, C., Tejero, J., & Cunill, F. (2016). Esterification of levulinic acid with butanol over ion exchange resins. *Applied Catalysis A: General*, 517, 56–66. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2016.02.032>

