

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri global yang pesat mendorong persaingan ketat antarnegara sehingga setiap negara dituntut memperkuat sektor industri pengolahannya. Sektor ini berperan strategis dalam meningkatkan nilai tambah sumber daya dan memperkuat struktur ekonomi nasional. Pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 tentang RPJMN menetapkan industri pengolahan sebagai sektor prioritas yang diproyeksikan berkontribusi signifikan terhadap PDB nasional.

Industri kimia merupakan bagian penting dari sektor industri pengolahan karena menghasilkan produk antara dan produk akhir yang menjadi bahan baku bagi industri lain, seperti pangan, farmasi, material, dan energi (Towler & Sinnott, 2013). Salah satu produk industri kimia yang berpotensi besar dikembangkan adalah asam laktat. Asam laktat banyak dimanfaatkan sebagai pengatur keasaman dan pengawet dalam industri pangan serta bahan baku dan eksipien dalam industri farmasi dan kosmetik (Datta & Henry, 2006). Meningkatnya kebutuhan akan produk ramah lingkungan dan berbasis sumber daya terbarukan turut mendorong permintaan asam laktat secara global.

Asam laktat umumnya diproduksi melalui fermentasi karbohidrat menggunakan mikroorganisme asam laktat. Proses ini unggul karena memanfaatkan bahan baku terbarukan, ramah lingkungan, serta berpotensi diintegrasikan dengan biomassa lokal (Abdel-Rahman et al., 2013). Pengembangan industri asam laktat juga mendukung konsep industri hijau sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian. Di Indonesia, produksi asam laktat masih terbatas sehingga sebagian kebutuhan domestik dipenuhi melalui impor. Kondisi ini menunjukkan peluang besar bagi pendirian pabrik asam laktat di dalam negeri. Dengan ketersediaan bahan baku berbasis karbohidrat yang melimpah serta dukungan kebijakan pemerintah, pendirian pabrik asam laktat diharapkan dapat mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan nilai tambah sumber daya lokal, serta mendorong pertumbuhan industri hilir berbasis bio.

1.2. Kapasitas Rancangan

1.2.1. Perkiraan Kebutuhan Asam Laktat di Indonesia

Indonesia belum memiliki pabrik asam laktat. Produksi dalam negeri tercatat 0 ton/tahun sepanjang periode 2019–2025, sehingga seluruh kebutuhan domestik dipenuhi melalui impor.

Pabrik yang akan didirikan merupakan pabrik asam laktat pertama di Indonesia, sehingga perancangan kapasitasnya untuk memenuhi kebutuhan domestik.

Data yang digunakan bersumber dari Badan Pusat Statistik (BPS) dengan komoditas HS 291811 (Lactic Acid), meliputi nilai impor dan ekspor asam laktat Indonesia periode 2019–2025. Data tersebut disajikan pada Tabel 1.1 berikut.

Tabel 1. 1 Data Impor dan Ekspor Asam Laktat di Indonesia (BPS, HS 291811, 2019-2025)

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Ekspor (Ton/Tahun)	%P (Impor)	%P (Ekspor)
2019	4.192,95	293,50		
2020	4.222,61	255,55	0,71%	- 12,93%
2021	3.678,84	119,67	- 12,88%	- 53,17%
2022	3.955,42	78,28	7,52%	- 34,59%
2023	4.316,12	63,67	9,12%	- 18,66%
2024	5.299,41	197,97	22,78%	210,92%
2025	5.394,36	173,41	1,79%	- 12,41%

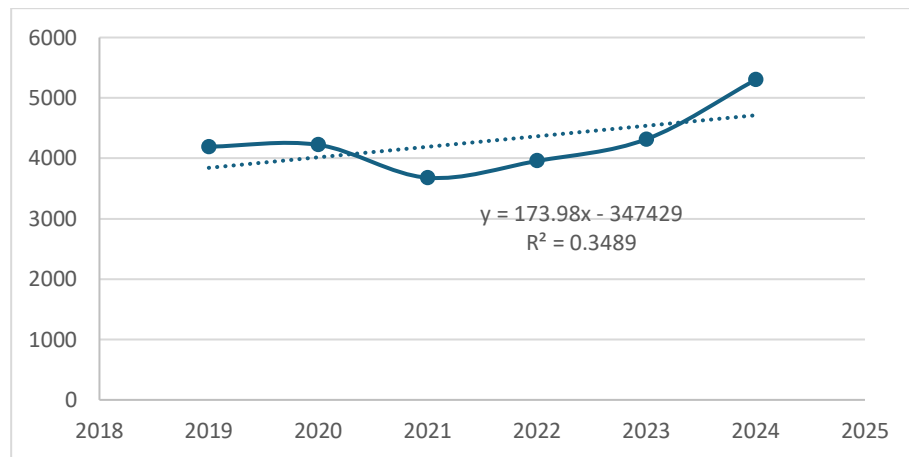
Persentase pertumbuhan pada Tabel 1.1 dihitung menggunakan rumus laju pertumbuhan (*growth rate*), yaitu selisih nilai tahun berjalan dengan tahun sebelumnya dibagi nilai tahun sebelumnya, kemudian dikalikan 100. Rumusnya adalah sebagai berikut.

$$\%P = \left(\frac{(\text{Nilai}_t - \text{Nilai}_{t-1})}{\text{Nilai}_{t-1}} \right) \times 100$$

Penurunan impor pada tahun 2021 sebesar 12,88% disebabkan oleh pandemi COVID-19 yang membatasi aktivitas industri pengguna asam laktat, seperti industri pangan, kosmetik, dan farmasi *non-essential*. Pada tahun 2022 dan 2023, impor kembali meningkat seiring pemulihan ekonomi pascapandemi, dengan pertumbuhan masing-masing 7,52% dan 9,12%. Lonjakan terbesar terjadi pada tahun 2024 sebesar 22,78%, yang mengindikasikan meningkatnya kebutuhan asam laktat, didorong peningkatan permintaan dari industri farmasi dan kosmetik. Pada tahun 2025, impor kembali tumbuh sebesar 1,79%.

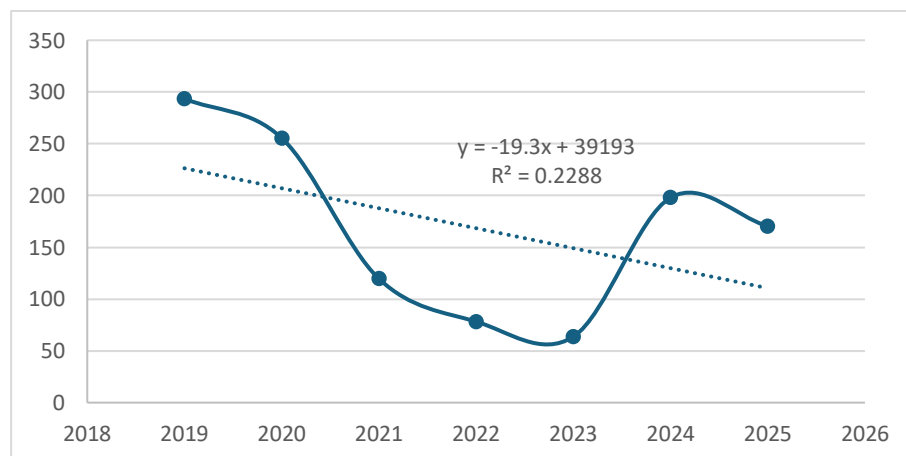
Sementara itu, ekspor asam laktat Indonesia menunjukkan tren menurun secara konsisten. Penurunan sebesar 12,93% pada tahun 2020 dan 53,17% pada tahun 2021 disebabkan oleh pandemi yang menghambat logistik ekspor serta prioritas pemenuhan kebutuhan domestik. Pada tahun 2022 dan 2023, ekspor terus menurun masing-masing 34,59% dan 18,66%, mencapai titik terendah 63,67 ton pada tahun 2023. Penurunan ini terjadi karena Indonesia tidak memiliki pabrik asam laktat, sehingga tidak ada produksi dalam negeri yang

dapat diekspor. Deviasi terjadi pada tahun 2024 dengan lonjakan ekspor sebesar 210,92% menjadi 197,97 ton, yang disebabkan oleh perubahan pola perdagangan atau *re-export* dalam jumlah besar. Namun, pada tahun 2025, ekspor kembali turun sebesar 12,41% menjadi 173,41 ton. Kecenderungan impor asam laktat terlihat melalui grafik pada Gambar 1.1 berdasarkan data pada Tabel 1.1.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Asam Laktat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1, impor asam laktat di Indonesia menunjukkan tren peningkatan. Grafik ini memiliki persamaan regresi $y = 173,98x - 347.429$ dengan $R^2 = 0,3489$. Koefisien 173,98 menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu tahun, impor asam laktat cenderung meningkat sebesar 173,98 ton. Nilai R^2 sebesar 0,3489 berarti bahwa 34,89% variasi data impor dapat dijelaskan oleh variabel tahun, sedangkan sisanya 65,11% dijelaskan oleh faktor lain di luar model. Nilai R^2 yang relatif rendah ini menunjukkan bahwa data impor fluktuatif, namun arah tren tetap positif. Kecenderungan ekspor asam laktat ditunjukkan melalui grafik pada Gambar 1.2 yang disusun berdasarkan data pada Tabel 1.2.



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Asam Laktat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.2, ekspor asam laktat Indonesia menunjukkan tren menurun. Grafik ini memiliki persamaan regresi $y = -19,3x + 39.193$ dengan $R^2 = 0,2288$. Koefisien $-19,3$ menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu tahun, ekspor asam laktat cenderung menurun sebesar 19,3 ton. Nilai R^2 sebesar 0,2288 berarti bahwa 22,88% variasi data ekspor terdapat di variabel tahun, sedangkan sisanya 77,12% dijelaskan oleh faktor lain. Nilai R^2 yang rendah ini menunjukkan bahwa data ekspor sangat fluktuatif namun arah tren tetap negatif.

Dari data impor dan ekspor tersebut, dapat dihitung konsumsi domestik asam laktat, yaitu selisih antara impor dan ekspor. Data konsumsi dan produksi asam laktat disajikan pada Tabel 1.2 berikut.

Tabel 1. 2 Data Konsumsi dan Produksi Asam Laktat di Indonesia (HS 291811, 2019-2025)

Tahun	Konsumsi Domestik (Ton/Tahun)	Produksi (Ton/Tahun)	%P (Konsumsi)	%P (Produksi)
2019	3.899,45	0	—	0
2020	3.967,06	0	1,73%	0
2021	3.559,16	0	-10,28%	0
2022	3.877,14	0	8,93%	0
2023	4.252,44	0	9,68%	0
2024	5.101,44	0	19,96%	0
2025	5.220,95	0	2,34%	0

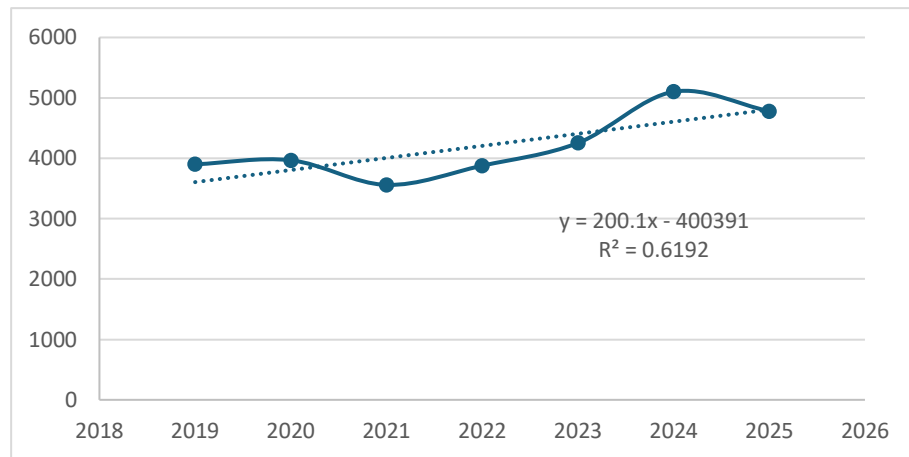
Konsumsi domestik dihitung sebagai selisih antara impor dan ekspor, dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{Konsumsi} = \text{Impor} - \text{Ekspor}$$

Pada tahun 2021, konsumsi turun 10,28% akibat pandemi yang menekan permintaan industri. Pada tahun 2022, konsumsi kembali naik 8,93% seiring pemulihan ekonomi. Pada tahun 2023, konsumsi naik 9,68%, dan pada tahun 2024 naik menjadi 19,96% karena lonjakan kebutuhan domestik. Pada tahun 2025, konsumsi naik 2,34%. Rata-rata pertumbuhan konsumsi selama periode 2020 - 2024 dihitung dengan rumus rata-rata aritmatika berikut.

$$i = \% \frac{\text{Pertumbuhan}}{n_{\text{Data}}}$$

Kecenderungan konsumsi domestik ditunjukkan melalui grafik pada Gambar 1.3 yang disusun berdasarkan data pada Tabel 1.2.



Gambar 1. 3 Grafik Kebutuhan Domestik Asam Laktat

Berdasarkan Gambar 1.3, konsumsi domestik asam laktat menunjukkan tren peningkatan. Grafik ini memiliki persamaan regresi $y = 200,1x - 400.391$ dengan $R^2 = 0,6192$. Koefisien 200,1 menunjukkan bahwa setiap kenaikan satu tahun, konsumsi domestik asam laktat cenderung meningkat sebesar 200,1 ton. Nilai R^2 sebesar 0,6192 berarti bahwa 61,92% variasi data konsumsi domestik dapat dijelaskan oleh variabel tahun, sedangkan sisanya sebesar 38,08% dijelaskan oleh faktor lain. Nilai R^2 ini lebih tinggi dibandingkan nilai R^2 pada data impor dan ekspor, yang menunjukkan bahwa garis tren linear mewakili pola data konsumsi domestik dengan lebih baik. Di sisi lain, ekspor asam laktat Indonesia justru menunjukkan tren menurun sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.2. Kondisi yang berlawanan ini mengindikasikan bahwa meskipun ekspor melemah, permintaan asam laktat di pasar domestik terus meningkat. Dengan demikian, kebutuhan asam laktat di Indonesia untuk memenuhi permintaan ekspor maupun konsumsi domestik, masih dipenuhi melalui impor. Oleh karena itu, dengan konsumsi asam laktat yang terus meningkat, pendirian pabrik asam laktat dapat menjadi pemenuh kebutuhan domestik sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap impor.

1.2.2. Perhitungan Kapasitas Rancangan

Perhitungan kapasitas pabrik menggunakan data konsumsi domestik karena tujuan utama pabrik ini adalah memenuhi kebutuhan dalam negeri. Produksi dalam negeri saat ini adalah 0 ton/tahun karena belum ada pabrik asam laktat di Indonesia. Porsi kapasitas terhadap kebutuhan konsumsi ditetapkan sebesar 100%. Parameter dasar yang digunakan adalah tahun dasar 2025, tahun pabrik beroperasi 2029, produksi dalam negeri 0 ton/tahun, pembulatan kapasitas ke atas 100 ton, dan porsi kapasitas 100%.

Langkah pertama adalah menghitung selang proyeksi, yaitu selisih antara tahun operasi dan tahun dasar, dengan rumus berikut.

$$n = \text{Tahun Operasi} - \text{Tahun Dasar}$$

Menurut Peters & Timmerhaus (1991), dalam analisis pasar untuk perancangan pabrik kimia, langkah pertama adalah menetapkan tahun dasar dan tahun operasi, dan selisih keduanya adalah selang proyeksi yang digunakan untuk memproyeksikan kebutuhan di masa depan.

Langkah kedua adalah menghitung laju pertumbuhan konsumsi menggunakan rata-rata aritmatika dari data konsumsi 2020–2024, dengan rumus berikut.

$$i = \% \frac{\text{Pertumbuhan}}{n_{\text{Data}}}$$

Menurut Towler & Sinnott (2012), ketika data historis terbatas dan fluktuatif, rata-rata pertumbuhan digunakan sebagai representasi laju pertumbuhan yang digunakan untuk proyeksi.

Langkah ketiga adalah memproyeksikan konsumsi pada tahun operasi 2029 menggunakan *discounted method* atau model pertumbuhan majemuk, dengan rumus berikut.

$$M = P(1 + i)^n$$

Discounted method, yaitu metode proyeksi yang memperhitungkan pertumbuhan majemuk dari nilai tahun dasar ke tahun operasi.

Langkah keempat adalah menghitung kebutuhan domestik yang harus dipenuhi oleh pabrik baru dengan rumus berikut.

$$\text{Kebutuhan Domestik} = \text{Konsumsi 2029}$$

$$\text{Kebutuhan Domestik} = 6592.84 \text{ ton/tahun}$$

Menurut Peters & Timmerhaus (1991), kapasitas pabrik baru ditentukan oleh selisih antara proyeksi kebutuhan dan kapasitas produksi yang sudah ada.

Langkah kelima adalah menghitung kapasitas sebelum pembulatan dengan perkalian porsi, dengan rumus berikut.

$$\text{Kapasitas} = \frac{(\text{Kebutuhan} \times \text{Porsi})}{100}$$

$$\text{Kapasitas} = \left(\frac{6592.84 \times 100}{100} \right) \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas} = 6592.84 \text{ ton/tahun}$$

Menurut Ulrich (1984), penentuan kapasitas berdasarkan pangsa pasar yang ditargetkan digunakan ketika pabrik baru tidak harus memenuhi seluruh kebutuhan. Dalam kasus ini, porsi adalah 100% karena pabrik adalah satu-satunya pabrik untuk memenuhi kebutuhan domestik.

Langkah keenam adalah menetapkan kapasitas pabrik dengan pembulatan ke atas, dengan rumus berikut.

$$C = \text{CEILING}(\text{Kapasitas}; 100)$$
$$C = \text{CEILING}(6592.84; 100) = 6.600 \text{ ton/tahun}$$

Menurut Towler & Sinnott (2012), dalam perancangan pabrik kimia selalu ada design margin yang diterapkan pada kapasitas. Pembulatan ke atas ke kelipatan 100 ton adalah bentuk standardisasi ukuran. Dengan demikian, kapasitas pabrik asam laktat yang dirancang untuk tahun operasi 2029 adalah 6.600 ton/tahun. Kapasitas ini dapat memenuhi 100% kebutuhan konsumsi domestik asam laktat pada tahun operasi.

Berdasarkan perhitungan kapasitas, kebutuhan domestik tahun 2028 diproyeksikan sebesar 4.965 ton. Dengan kapasitas rancangan 6.600 ton, terdapat potensi ekspor sebesar 1.635 ton atau 24,8% dari total produksi. Nilai ini setara dengan 1,47% dari volume ekspor Thailand dan 1,89% dari volume ekspor China.

1.2.3. Ketersediaan Bahan Baku

Bahan baku utama produksi asam laktat adalah molase (tetes tebu) yang merupakan produk samping dari industri pengolahan gula. Kebutuhan molase untuk pabrik asam laktat dengan kapasitas 6.600 ton/tahun adalah sekitar 42,48 ton/hari atau setara dengan 12.800–16.000 ton/tahun, tergantung pada efisiensi proses konversi fermentasi. Kebutuhan tersebut dapat dipenuhi oleh pasokan molase dari pabrik-pabrik gula di wilayah Pasuruan dan sekitarnya

Pemasok potensial yakni PG Kedawoeng yang berlokasi di Pasuruan Jawa Timur dengan kapasitas giling sekitar 20.000–23.000 kuintal tebu per hari atau setara dengan 2.000–2.300 ton tebu per hari dan produksi molase PG Kedawoeng adalah sekitar 60–115 ton/hari. Jumlah ini jauh melebihi kebutuhan pabrik asam laktat yang hanya 42,48 ton/hari, sehingga pasokan dari PG Kedawoeng saja sudah mencukupi.

Selain itu, PT Sinergi Gula Nusantara (SGN) memiliki kapasitas produksi molase yang sangat besar. Berdasarkan laporan Antara News Jawa Timur (2026), produksi molase SGN saat ini 700.000 ton per tahun, yang disuplai oleh lima pabrik gula SGN. Angka ini menunjukkan bahwa pasokan molase nasional, khususnya dari SGN, sangat melimpah dan dapat mendukung operasional pabrik asam laktat. Dengan demikian, ketersediaan molase sebagai bahan baku utama produksi asam laktat sangat terjamin dari segi kuantitas ataupun kontinuitas pasokan. Hal ini memperkuat kelayakan pendirian pabrik asam laktat di wilayah Pasuruan, Jawa Timur.

Tabel 1. 3 Ketersediaan Bahan Baku Asam Laktat di Jawa Timur

Jenis Bahan Baku	Sumber	Potensi Molase (ton/tahun)
Molase	PG Kedawoeng	18.000 – 34.500
Molase	SGN Group	700.000

1.2.4. Kapasitas Pabrik Asam Laktat yang Beroperasi

Penentuan kapasitas pabrik didasarkan pada analisis kebutuhan pasar dan mempertimbangkan kapasitas produksi pabrik asam laktat yang telah beroperasi di berbagai negara sebagai referensi. Data perbandingan kapasitas produksi dari beberapa perusahaan tersebut pada Tabel 1.7.

Tabel 1. 4 Tabel Kapasitas Produksi Asam Laktat di Luar Negeri (Komesu et al., 2017)

Negara	Perusahaan	Kapasitas (ton/tahun)
Tiongkok	Musashino Chemical Co	3.000
Prancis	Galactic (Marckolsheim)	4.500
Belgia	Galactic	5.000 - 10.000
Tiongkok	COFCO Biochemical	10.000
Tiongkok	Henan Jindan Lactic Acid Technology	100.000
Amerika Serikat	NatureWorks LLC	140.000 - 180.000
Amerika Serikat	Cargill (NatureWorks)	150.000
Thailand	Corbion	125.000
Korea Selatan	LG Chem	75.000

Melalui pertimbangan perkiraan kebutuhan pada tahun 2029, ketersediaan bahan baku di Indonesia, serta kapasitas pabrik asam laktat yang telah beroperasi di dunia seperti ditunjukkan pada Tabel 1.2, ditetapkan kapasitas perancangan pabrik asam laktat ini sebesar 6.600 ton/tahun. Kapasitas tersebut dipilih dengan mempertimbangkan skala produksi pabrik asam laktat yang telah beroperasi di berbagai negara, yaitu berada pada rentang 3.000 ton/tahun hingga 180.000 ton/tahun. Prarancangan pabrik dengan kapasitas 6.600 ton/tahun dinilai sesuai untuk tahap awal pengembangan industri asam laktat di Indonesia, yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan domestik dan mengurangi ketergantungan terhadap impor.

1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

1.3.1. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang memengaruhi keberhasilan dan kelangsungan produksi suatu pabrik, baik secara teknis maupun ekonomis. Lokasi yang tepat dapat menghindari hal-hal yang tidak diinginkan serta memberikan keuntungan jangka panjang. Oleh karena itu, sebelum mendirikan pabrik perlu dilakukan studi kelayakan terhadap beberapa faktor penunjang. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain sebagai berikut.

1.3.1.1. Bahan Baku

Industri yang bersifat *weight-losing* di mana hasil produksi lebih ringan dari bahan bakunya setelah melewati proses produksi maka didirikan di lokasi yang dekat dengan bahan baku untuk menjaga stabilitas pasokan dan mengurangi biaya transportasi bahan baku (Geografi.org, 2026).

1.3.1.2. Letak Pasar

Faktor ini sangat penting karena biaya operasional merupakan biaya absolut di mana biaya distribusi akan semakin tinggi jika jarak antara pabrik dengan konsumen pasar semakin jauh (Anansyah et al., 2024).

1.3.1.3. Tenaga Kerja

Ketersediaan tenaga kerja bertujuan untuk mencapai produksi yang tinggi dalam suatu perusahaan yang dapat mendukung dan meningkatkan produktivitas (Ginting, 2023).

1.3.1.4. Masyarakat

Masyarakat lokal sering kali menjadi pihak yang paling terdampak oleh aktivitas perusahaan. Baik itu eksploitasi sumber daya alam, pembangunan infrastruktur, atau peningkatan polusi, dampaknya dapat dirasakan secara langsung oleh komunitas sekitar. Oleh sebab itu, perusahaan memiliki kewajiban moral dan etis untuk memberikan kontribusi positif terhadap kesejahteraan masyarakat sekitar (Chandra, 2025).

1.3.1.5. Peraturan Pemerintah

Pemerintah selama telah menentukan mana kawasan untuk pemukiman dan mana untuk kawasan industri seperti tercantum dalam PP Nomor 142 Tahun 2015 Tentang Kawasan Industri sehingga perusahaan tidak mengalami kesulitan bila memilih lokasi yang telah diperuntukkan untuk kawasan industri. Peraturan pemerintah seperti perizinan mendirikan bangunan, ketinggian maksimal bangunan, pembuangan limbah, dan aturan lainnya dapat membuat lingkungan yang nyaman dan kondusif pada pabrik (Sulaiman, 2016)

1.3.1.6. Listrik, Air, Telepon (Ketersediaan Infrastruktur)

Kegiatan produksi membutuhkan persediaan seperti listrik, air, dan sarana komunikasi sehingga semakin lengkap ketersediaan infrastruktur semakin baik bagi keberjalanan usaha (Bappenas, 2021).

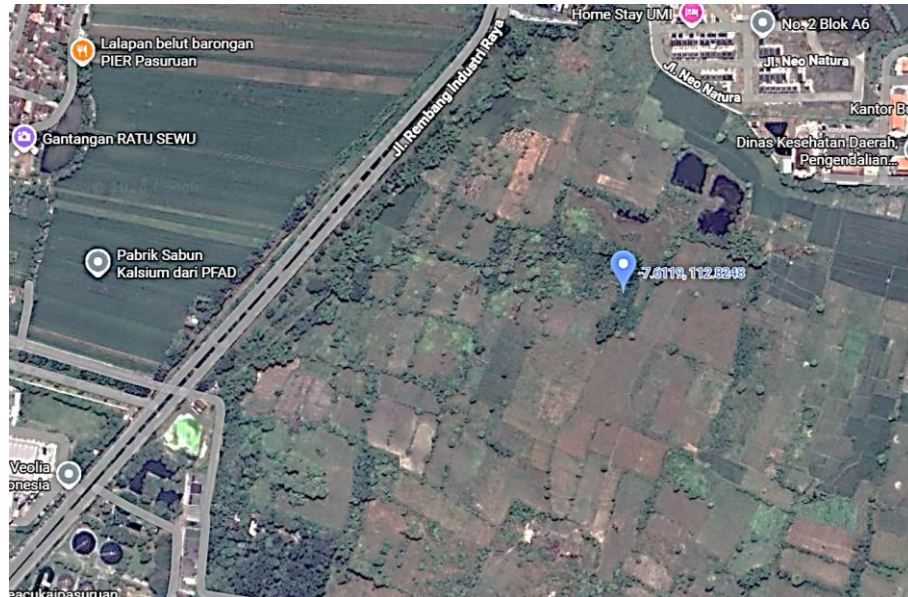
1.3.1.7. Transportasi

Aktivitas logistik yang berperan penting dalam distribusi produk, adalah transportasi. Keputusan transportasi perlu dianalisis dalam merancang dan mengoperasikan suatu rantai pasok seperti moda transportasi, rute dan pemilihan jaringan, serta inhouse dan outsourcing. Biaya yang dibutuhkan tergantung pada metode transportasi seperti jalur darat, laut, atau udara (Fatma & Kartika, 2017).

1.3.1.8. Sarana Prasarana Pendukung

Sarana pendukung seperti lahan parkir yang memadai, pembuangan limbah, keamanan, fasilitas kesehatan, merupakan faktor yang tidak kalah penting dalam penentuan lokasi usaha (Hanum, 2024).

Berdasarkan pertimbangan-pertimbangan tersebut, lokasi pendirian pabrik asam laktat pada rancangan pabrik ini dipilih di Pasuruan Industrial Estate Rembang (PIER), Kec.Rembang, Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia.



Gambar 1. 4 Lokasi Pendirian Pabrik

Gambar 1.3 menunjukkan lokasi yang dipilih sebagai tempat pendirian pabrik asam laktat. Penentuan lokasi tersebut dilakukan dengan mempertimbangkan berbagai aspek yang memengaruhi kelancaran operasional dan efisiensi produksi. Evaluasi lokasi didasarkan pada dua kelompok faktor, yaitu faktor primer dan faktor sekunder, yang digunakan sebagai dasar

dalam menilai kelayakan lokasi pabrik.

1.3.2. Perbandingan Pemilihan Lokasi

Penentuan lokasi pabrik merupakan sangat penting untuk perancangan pabrik karena mempengaruhi kelancaran produksi, efisiensi biaya operasional, kemudahan distribusi, dan pengembangan industri (Peters et al., 2003). Pemilihan lokasi dilakukan dengan metode pembobotan (*weighted scoring*) berdasarkan enam kriteria, yaitu ketersediaan bahan baku, ketersediaan air, utilitas pendukung, akses pasar dan distribusi, infrastruktur transportasi, serta pengelolaan limbah. Setiap kriteria diberi bobot sesuai tingkat pengaruhnya terhadap keberlangsungan operasional pabrik.

1.3.2.1. Ketersediaan Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama pemilihan lokasi pabrik karena memengaruhi kontinuitas produksi, biaya transportasi, dan kestabilan pasokan. Pabrik asam laktat ini menggunakan molase sebagai bahan baku utama dengan kebutuhan 1.766,32 kg/jam atau 13.989,25 ton/tahun pada waktu operasi 7.920 jam/tahun. Dengan operasi kontinu 24 jam per hari, kebutuhan molase harian mencapai 42,39 ton/hari, sedangkan jumlah hari operasi adalah 330 hari/tahun.

Tabel 1.5 membandingkan pasokan molase pada tiga lokasi. Berdasarkan kebutuhan harian 42,39 ton molase, wilayah dengan rasio 0,40 perlu menghasilkan sekitar 105,98 ton gula/hari, sedangkan dengan rasio 0,69 cukup sekitar 61,43 ton gula/hari. Dalam hal ini, penentuan lokasi dapat memproduksi gula sekitar 61,43–105,98 ton/hari atau setara 20.274–34.973 ton/tahun berpotensi mencukupi pasokan molase pabrik. Dengan demikian, lokasi dengan produksi gula dan molase tertinggi menjadi pilihan dari ketersediaan bahan baku karena dapat menjamin kontinuitas produksi, menekan biaya transportasi, dan menjaga kestabilan pasokan.

Tabel 1. 5 Perbandingan Ketersediaan Molase

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Produksi gula provinsi, rata-rata 2021–2023	1.133.624	716.991	33.870
Estimasi produksi molase provinsi	448.700 - 786.400	283.800 - 497.400	13.400 - 23.500
Rasio pasokan terhadap kebutuhan pabrik	32,1–56,2×	20,3–35,6×	0,96–1,68×
Kecukupan pasokan	Memadai	Memadai	Tidak memadai

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Skor relatif (produksi gula ÷ produksi tertinggi × 100)	100	63	3
Nilai akhir (× 35%)	35,0	22,1	1,0

Berdasarkan Tabel 1.5, Kabupaten Pasuruan dengan wilayah pasok Jawa Timur memperoleh nilai tertinggi, yaitu 35,0. Produksi gula Jawa Timur setara estimasi molase 448.700–786.400 ton/tahun atau 32 - 56 kali kebutuhan pabrik sebanyak 13.989,25 ton/tahun. Provinsi Lampung memperoleh nilai 22,1 dengan molase 283.800 - 497.400 ton/tahun atau 20–36 kali kebutuhan; sentra tebuanya terkonsentrasi di Lampung Tengah, Way Kanan, dan Tulang Bawang (Kementan, 2025). Kabupaten Takalar memperoleh nilai 1,0 karena Sulawesi Selatan hanya memproduksi 33.870 ton gula per tahun. PG Takalar menargetkan giling 256.160 ton tebu sebanyak 21.644 ton gula pada 2022 (Republika, 2022), setara 7.700–14.400 ton molase per tahun, atau hanya 55–103% dari kebutuhan pabrik. Dengan demikian, Takalar tidak memenuhi syarat kecukupan bahan baku karena pasokan PG Takalar saja hanya sekitar 0,55 - 1,03 kali kebutuhan pabrik yang sebesar 42,39 ton/hari atau 13.989,25 ton/tahun.

1.3.2.2. Ketersediaan Air

Air adalah utilitas utama untuk pengenceran umpan fermentasi, pendinginan, pembangkitan uap, dan kebutuhan penunjang. Lokasi pabrik harus dekat dengan sumber air berkapasitas memadai dan pasokan kontinu. Kebutuhan air dihitung berdasarkan neraca utilitas dengan operasi 7.920 jam per tahun atau 330 hari per tahun, operasi kontinu 24 jam per hari.

Berdasarkan Neraca Air Total, kebutuhan air kontinu meliputi air proses langsung, air *make-up cooling tower*, air umpan *boiler*, serta air sanitasi dan domestik. Total kebutuhan air baku adalah 7,12 L/detik atau 25,64 m³/jam atau 615,32 m³/hari, yaitu 83.981 m³/tahun di mana menjadi dasar penentuan kapasitas *Water Treatment Plant*. Perbandingan kebutuhan air pada setiap lokasi pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Perbandingan Ketersediaan Sumber Air

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Kebutuhan air pabrik	25,64 m ³ /jam (7,12 L/detik)	25,64 m ³ /jam (7,12 L/detik)	25,64 m ³ /jam (7,12 L/detik)
Sumber air baku	Mata Air Umbulan	Bendung Argoguruh (Way Sekampung)	Bendungan Bili-Bili
Kapasitas sumber	4.000 L/detik (total)	750 L/detik (IPA)	1.000 L/detik

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
	Umbulan)	terpasang); 400 L/detik (operasional)	(Bili-Bili)
Status operasional	SPAM Umbulan beroperasi; PT AB Jatim melayani PIER sejak 1993	IPA KPBU Tegineneng operasional	Dalam pengembangan
Skor relatif (produksi gula ÷ produksi tertinggi × 100)	100	70	40
Skor (%)	25	17,5	10

Pasuruan (PIER) memiliki sumber air paling terverifikasi. PT Air Bersih Jatim memperoleh pasokan dari Mata Air Umbulan dengan debit total 4.000 L/detik. Untuk PIER, alokasi air dari Umbulan adalah 100 L/detik, sedangkan PDAB Jawa Timur memperoleh 200 L/detik untuk melayani PIER dan NIP. PT AB Jatim telah melayani PIER sejak 1993, dan PDAM Kabupaten Pasuruan mulai memasok PIER sejak 5 Februari 2020 dengan debit 20 L/detik. Lampung memiliki sumber air baku dari Bendung Argoguruh. Infrastruktur IPA KPBU Tegineneng memiliki kapasitas terpasang 750 L/detik, namun produksi operasionalnya saat ini sekitar 400 L/detik. Takalar memperoleh air baku dari Bendungan Bili-Bili dengan kapasitas 1.000 L/detik. Kebutuhan air baku fase 1 kawasan industri adalah 263 L/detik. Dengan demikian, dari sisi ketersediaan air, Pasuruan (PIER) merupakan lokasi yang paling tepat.

1.3.2.3. Utilitas Pendukung

Utilitas pendukung merupakan fasilitas yang menjamin kelancaran proses produksi secara berkesinambungan. Penilaian meliputi ketersediaan listrik dan gas bumi, kedekatan pemasok asam sulfat untuk proses pengasaman, serta keberadaan industri semen sebagai calon pengguna produk samping gipsum. Tabel 1.7 perbandingan utilitas setiap lokasi.

Tabel 1. 7 Perbandingan Kondisi Utilitas Pendukung

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Listrik	PLN menyiapkan pasokan 55,08 MVA untuk PIER; Gardu Induk	Sistem kelistrikan Lampung mengalami defisit; daya dapat	Rasio elektrifikasi Kabupaten Takalar mencapai 100%;

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Gas bumi	PIER berkapasitas 110 MVA	547,3 MW sementara kebutuhan 999,31 MW	PLTB Takalar
	PGN menyalurkan gas bumi ke beberapa industri di Pasuruan, termasuk PT Serba Guruh dan PT Rajawali Cakra Sakti	PGN mengoperasikan jaringan pipa distribusi sepanjang 95 km dari Labuhan Maringgai ke Bandar Lampung; melayani 22 pelanggan industri dan komersial	Potensi energi terbarukan melalui PLTB
	PT Petrokimia Gresik memiliki pabrik asam sulfat dengan kapasitas produksi 1,8 juta ton/tahun	Pabrik asam sulfat	Pabrik asam sulfat
Pemasok H ₂ SO ₄ skala industri	PT Petrokimia Gresik memiliki pabrik asam sulfat dengan kapasitas produksi 1,8 juta ton/tahun	Pabrik asam sulfat	Pabrik asam sulfat
Pabrik semen	Semen Indonesia (Gresik, Tuban); Solusi Bangun Indonesia (Tuban)	PT Semen Baturaja (Pabrik Panjang, Lampung)	PT Semen Tonasa (Pangkep); PT Semen Bosowa (Maros)
Skor kriteria	50	50	50
Nilai akhir (× 15%)	7,5	7,5	7,5

Kondisi utilitas kawasan PIER meliputi pasokan listrik dari PLN sebesar 55,08 MVA yang akan memanfaatkan Gardu Induk PIER dengan kapasitas 110 MVA . Pada sektor gas bumi, PGN telah menyalurkan gas bumi ke beberapa industri di Pasuruan, termasuk PT Serba Guruh Indonesia dan PT Rajawali Cakra Sakti . Selain itu, PT Petrokimia Gresik memiliki pabrik asam sulfat dengan kapasitas produksi 1,8 juta ton per tahun yang terintegrasi dengan produksi pupuk dan produk kimia lainnya . Terdapat pula industri semen di Gresik dan Tuban yang berpotensi menjadi pengguna produk samping gipsum. Lampung memiliki infrastruktur gas bumi yang telah beroperasi melalui jaringan pipa distribusi PGN sepanjang 95 km dari Labuhan Maringgai ke Bandar Lampung, dengan 22 pelanggan industri dan komersial . Namun, sistem kelistrikan Lampung pada tahun 2018 mengalami defisit sebesar 172,01 MW akibat kerusakan PLTU Sebalang dan Tarahan, yang berdampak pada pemadaman listrik bergilir . PT

Semen Baturaja mengoperasikan pabrik pengantongan di Panjang, Lampung, yang dapat berpotensi menjadi pengguna produk samping gipsum. Takalar memiliki rasio elektrifikasi yang telah mencapai 100% pada tahun 2017. Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan bersama PLN menandatangani komitmen pembangunan PLTB Takalar sebagai upaya pengembangan energi terbarukan. Terdapat dua pabrik semen besar di Sulawesi Selatan yang berpotensi menjadi pengguna CaSO_4 , yaitu PT Semen Tonasa di Pangkep dan PT Semen Bosowa Maros. Dengan demikian, Pasuruan unggul dalam pasokan listrik, gas bumi, dan asam sulfat; Lampung memiliki infrastruktur gas mapan namun terkendala kelistrikan; Takalar didukung elektrifikasi tinggi dan industri semen. Ketiga lokasi diberi skor netral dengan nilai akhir 7,5 pada kriteria utilitas pendukung.

1.3.2.4. Akses Pasar & Distribusi

Akses pasar memengaruhi efisiensi distribusi produk dan potensi pengembangan usaha. Lokasi pabrik yang dekat dengan kawasan industri dan konsumen utama memberikan keuntungan berupa biaya distribusi lebih rendah serta jangkauan pemasaran lebih luas. Tabel 1.8 menyajikan perbandingan akses pasar dan distribusi pada ketiga lokasi.

Tabel 1. 8 Perbandingan Akses Pasar dan Distribusi

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Jarak ke pelabuhan ekspor-impor	59 km ke Tanjung Perak	± 8 km ke Pelabuhan Panjang (via Tol Lematang–Panjang)	± 25 km ke Pelabuhan Makassar
Jarak ke bandara internasional	58 km ke Juanda	Bandara Radin Inten II berada di Kabupaten Lampung Selatan, Kecamatan Natar	Bandara Sultan Hasanuddin ± 40 km ke utara
Fasilitas kepabeanian di kawasan	Kawasan berikat, kantor Bea Cukai dalam kawasan	Pusat Logistik Berikat (PLB) telah diberikan kepada 2 perusahaan pada Agustus 2025	Kawasan Berikat, dikelola PT Kawasan Berikat Nusantara (KBN)
Jumlah industri	Terdapat perusahaan	25 perusahaan	Zona pengembangan

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
pengguna (makanan- minuman, farmasi, kimia)	kimia dan farmasi seperti Cheil Jedang Indonesia dan Osaki Medical Indonesia	industri besar dan sedang di Kecamatan Tanjung Bintang	agribusiness industry
Skor kriteria*	80	70	80
Nilai akhir ($\times 12\%$)	9,6	8,4	9,6

Berdasarkan Tabel 1.8, Pasuruan (PIER) memiliki akses logistik ekspor-impor berupa kawasan berikat dan kantor Bea Cukai di dalam kawasan, dengan jarak 59 km ke Pelabuhan Tanjung Perak dan 58 km ke Bandara Juanda. Kawasan PIER menampung perusahaan kimia dan farmasi berskala internasional seperti Cheil Jedang Indonesia dan Osaki Medical Indonesia. Lampung memiliki jarak terdekat ke pelabuhan, yaitu 8 km ke Pelabuhan Panjang melalui Tol Lematang–Tanjung Bintang, serta fasilitas kepabeanan berupa Pusat Logistik Berikat yang diberikan kepada dua perusahaan pada Agustus 2025. Kecamatan Tanjung Bintang memiliki 25 perusahaan industri besar dan sedang dan merupakan kawasan industri terbesar kedua di Lampung Selatan, didukung Bandara Radin Inten II berstatus internasional. Takalar berjarak sekitar 25 km ke Pelabuhan Makassar dan dirancang sebagai kawasan industri terintegrasi dengan pelabuhan di bawah pengelolaan PT Kawasan Berikat Nusantara, berstatus Kawasan Berikat dengan zona pengembangan agribusiness industry yang relevan dengan industri asam laktat berbasis molase, serta Bandara Sultan Hasanuddin berjarak sekitar 40 km ke utara. Berdasarkan pertimbangan tersebut, Pasuruan (PIER) dan Takalar memperoleh skor 80, sedangkan Lampung memperoleh skor 70. Nilai akhir masing-masing adalah 9,6; 9,6; dan 8,4 dengan bobot 12%. Perbedaan utama terletak pada status kepabeanan yang sudah operasional di PIER dan Takalar, sedangkan Lampung baru memperoleh fasilitas PLB pada 2025.

1.3.2.5. Infrastruktur Transportasi

Infrastruktur transportasi berperan penting dalam mendukung kelancaran distribusi bahan baku dan produk jadi. Kondisi infrastruktur yang memadai meningkatkan efisiensi logistik serta menurunkan biaya transportasi. Tabel 1.9 menyajikan infrastruktur transportasi berdasarkan akses jalan tol, pelabuhan, dan kereta api barang. Skor diberikan dengan skor maksimal 100: akses jalan tol = 40, akses pelabuhan = 40, akses kereta api barang = 20.

Tabel 1. 9 Perbandingan Infrastruktur Transportasi

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
Akses jalan tol	Gerbang Tol Pasuruan (KM 789+000) terhubung langsung ke PIER; Tol Gempol–Pasuruan 34,15 km	Tol Trans Sumatera: GT Lematang (KM 92) dan GT Tanjung Bintang; Tol Lematang–Panjang (11,68 km)	Tidak ada jalan tol di Sulawesi Selatan
Pelabuhan utama	Tanjung Perak, 59 km dari PIER	Pelabuhan Panjang, ±8 km dari GT Lematang	Makassar New Port, ±25 km dari Takalar
Kereta api barang	Ada jalur KA	Jalur Pidada–Pelabuhan Panjang (reaktivasi tahap kajian)	Jalur KA Makassar–Parepare (barang semen, 118 km terbangun)
Skor (total 100)	80	75	40
Nilai akhir (× 8%)	6,4	6,0	3,2

Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai tertinggi, yaitu 80, karena memiliki akses jalan tol langsung ke kawasan industri (Tol Gempol–Pasuruan), pelabuhan Tanjung Perak yang berjarak 59 km, serta jalur kereta api yang telah beroperasi. Provinsi Lampung memperoleh nilai 75 karena akses Tol Trans Sumatera melalui GT Lematang dan GT Tanjung Bintang menuju Pelabuhan Panjang, meskipun jalur kereta api barang masih dalam tahap reaktivasi. Kabupaten Takalar memperoleh nilai 40 karena tidak memiliki akses jalan tol, meskipun Pelabuhan Makassar New Port berjarak 25 km dan jalur kereta api Makassar–Parepare telah terbangun 118 km untuk angkutan barang.

1.3.2.6. Pengelolaan Limbah

Ketersediaan fasilitas pengelolaan limbah menjadi aspek pertimbangan dalam pemilihan lokasi pabrik karena berkaitan dengan pemenuhan peraturan lingkungan dan operasional pabrik. Tabel 1.10 menyajikan fasilitas pengelolaan limbah yang dapat diverifikasi, yaitu instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan tempat pemrosesan akhir (TPA) serta pengelola limbah B3.

Tabel 1. 10 Perbandingan Fasilitas Pengelolaan Limbah

Indikator	Pasuruan	Lampung	Takalar
IPAL kawasan industri	IPAL PIER: 14.000 m ³ /hari, berada di dalam kawasan	IPAL terintegrasi pada beberapa industri PTPN 1 Regional 7 Natar, sistem anaerob-fakultatif-aerob)	IPAL Galesong melayani Kawasan Industri Takalar
Fasilitas pengelola limbah B3	PT Prada Tanara Pratama di PIER, pengolahan dengan metode insinerasi, kapasitas ~200 ton/bulan, beroperasi Agustus 2024	Pengelolaan limbah B3 melalui pihak ketiga berizin (limbah medis dikirim ke Tangerang)	Pengelolaan limbah B3 diatur melalui perizinan Gubernur Sulawesi Selatan
Skor kriteria	80	60	60
Nilai akhir ($\times 5\%$)	4,0	3,0	3,0

Kawasan PIER memiliki fasilitas pengelolaan limbah paling lengkap. IPAL PIER berkapasitas 14.000 m³/hari berada di dalam kawasan dan melayani seluruh industri di dalamnya. Selain itu, terdapat fasilitas pengolahan limbah B3 PT Prada Tanara Pratama di atas lahan 3.500 m² yang menggunakan teknologi insinerasi, diresmikan Wakil Presiden Ma'ruf Amin pada Juni 2024, dan ditargetkan beroperasi Agustus 2024. Lampung memiliki IPAL terintegrasi pada masing-masing industri, seperti PTPN 1 Regional 7 di Natar dengan tingkat kepatuhan baku mutu 97,62%. Untuk limbah B3, pengelolaan dilakukan melalui pihak ketiga berizin karena tidak tersedia fasilitas pengolahan di dalam provinsi. Takalar memiliki IPAL Galesong yang melayani Kawasan Industri Takalar dan permukiman sekitarnya. Untuk limbah B3, kewenangan perizinan berada pada Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, namun fasilitas pengolahan limbah B3 spesifik di kawasan Takalar.

1.3.2.7. Hasil Penilaian Lokasi

Berdasarkan hasil penilaian seluruh kriteria, dilakukan rekapitulasi skor untuk menentukan lokasi yang paling sesuai sebagai lokasi pendirian pabrik asam laktat. Hasil pembobotan disajikan pada Tabel 1.11.

Tabel 1. 11 Hasil Penilaian Lokasi

Lokasi	Bahan Baku (35%)	Air (25%)	Utilitas (15%)	Pasar (12%)	Transportasi (8%)	Limbah (5%)	Total
Pasuruan	35,0	25	7,5	9,6	6,4	4,0	87,5
Lampung	22,1	17,5	7,5	8,4	6,0	3,0	64,5
Takalar	1,0	10	7,5	9,6	3,2	3,0	34,3

Berdasarkan Tabel 1.11, Kabupaten Pasuruan memperoleh total tertinggi, yaitu 87,5, diikuti Provinsi Lampung 64,5 dan Kabupaten Takalar 34,3. Pada kriteria bahan baku yang berbobot 35%, Pasuruan memperoleh skor 35,0, Lampung 22,1, dan Takalar 1,0. Pasuruan unggul karena produksi gula Jawa Timur molase 448.700–786.400 ton/tahun atau 32–56 kali kebutuhan pabrik. Lampung memperoleh skor 22,1 dengan estimasi molase 283.800–497.400 ton/tahun atau 20–36 kali kebutuhan. Takalar hanya memperoleh skor 1,0 karena pasokan molase Sulawesi Selatan hanya sekitar 0,5–0,9 kali kebutuhan pabrik.

Pada kriteria air, utilitas, pasar, dan limbah, ketiga lokasi memperoleh skor netral karena data pembandingan belum tersedia, sehingga masing-masing memperoleh nilai 25; 7,5; 9,6; dan 3,0. Pada kriteria transportasi yang berbobot 8%, Pasuruan memperoleh skor 6,4, Lampung 6,0, dan Takalar 3,2. Pasuruan unggul karena memiliki akses tol langsung ke kawasan industri, pelabuhan Tanjung Perak berjarak 59 km, dan jalur kereta api yang telah beroperasi. Lampung memiliki akses Tol Trans Sumatera dan Pelabuhan Panjang berjarak sekitar 8 km, sedangkan Takalar tidak memiliki akses jalan tol.

Maka dari itu, Pasuruan unggul pada dua kriteria yang telah dinilai, yaitu bahan baku dengan skor 35,0 dari maksimum 35 dan transportasi dengan skor 6,4 dari maksimum 8. Total skor Pasuruan 87,5 lebih tinggi 23,0 poin dibandingkan Lampung 64,5 dan 53,2 poin dibandingkan Takalar 34,3. Berdasarkan skor tersebut, penetapan Kabupaten Pasuruan sebagai lokasi pabrik didukung oleh kecukupan bahan baku dan akses transportasi yang tersedia.

1.3.3. Faktor Primer

1.3.3.1. Penyedia Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku dan kontinuitasnya merupakan kebutuhan utama untuk dapat beroperasinya suatu pabrik. Sumber bahan baku yang dibutuhkan dalam jumlah besar berpengaruh terhadap biaya transportasi dan penyimpanan. Pembuatan asam laktat merupakan industri *weight-losing* dimana hasil produksinya lebih ringan dari bahan bakunya setelah melewati proses produksi karena terdapat kehilangan massa selama proses terutama dalam

bentuk air yang teruapkan, sehingga pemilihan lokasi pabrik harus mendekati bahan baku agar menekan biaya transportasi (Geografi.org., 2026).

Lokasi pabrik dipilih di Kabupaten Pasuruan karena kebutuhan molase per tahun dapat dipenuhi dengan sangat baik oleh kapasitas produksi regional. Berdasarkan data Tabel 1.5, produksi gula Provinsi Jawa Timur rata-rata tahun 2021–2023 mencapai 1.133.624 ton/tahun, setara dengan estimasi produksi molase sebesar 448.700–786.400 ton/tahun. Dengan kebutuhan pabrik sebesar 13.989,25 ton/tahun atau 42,39 ton/hari, rasio pasokan terhadap kebutuhan mencapai 32,1–56,2 kali, jauh melampaui kebutuhan pabrik. Surplus yang sangat besar ini memberikan jaminan kontinuitas pasokan bahkan jika terjadi fluktuasi produksi musiman atau kompetisi dengan industri lain yang menggunakan molase.

Molase merupakan salah satu bahan baku yang paling cocok untuk produksi asam laktat karena mengandung gula fermentabel dalam konsentrasi tinggi dan harganya relatif murah sebagai produk samping industri gula (Komesu et al., 2017). Substrat molase dapat digunakan langsung untuk fermentasi asam laktat tanpa memerlukan tahap hidrolisis yang kompleks, karena kandungan gula dalam molase sudah dalam bentuk yang dapat difermentasi oleh bakteri asam laktat (Wee et al., 2006).

Kabupaten Pasuruan dengan wilayah pasok Jawa Timur memperoleh skor tertinggi pada kriteria bahan baku, yaitu 35,0 dari maksimum 35 (bobot 35%). Sentra tebu di Jawa Timur terkonsentrasi di wilayah Pasuruan dan sekitarnya, sehingga jarak ke pabrik-pabrik gula relatif dekat dan biaya transportasi molase dapat diminimalkan. Diversifikasi sumber pasokan dari beberapa pabrik gula dalam radius yang terjangkau mengurangi risiko ketergantungan pada satu pemasok tunggal.

Sebagai perbandingan, Provinsi Lampung memperoleh skor 22,1 dengan molase sebesar 283.800–497.400 ton/tahun atau 20,3–35,6 kali kebutuhan pabrik. Sentra tebu Lampung terkonsentrasi di Lampung Tengah, Way Kanan, dan Tulang Bawang (Kementan, 2025). Kabupaten Takalar memperoleh skor 1,0 karena Sulawesi Selatan hanya memproduksi 33.870 ton gula per tahun, setara estimasi molase 13.400–23.500 ton/tahun atau hanya 0,96–1,68 kali kebutuhan pabrik. PG Takalar menargetkan giling 256.160 ton tebu menjadi 21.644 ton gula pada tahun 2022 (Republika, 2022), setara 7.700–14.400 ton molase per tahun, atau hanya 55–103% dari kebutuhan pabrik. Dengan demikian, Takalar tidak memenuhi syarat kecukupan bahan baku.

1.3.3.2.Pemasaran

Lokasi pemasaran mempengaruhi biaya produksi dan biaya transportasi. Target utama pasar diprioritaskan di dalam negeri dan lokasi tidak jauh dari konsumen sehingga harga produksi dapat diperoleh lebih tinggi, biaya transportasi lebih murah, dan diharapkan perolehan hasil penjualan akan maksimal.

Berdasarkan data Tabel 1.8, Pasuruan (PIER) memiliki akses logistik ekspor-impor yang terdokumentasi berupa kawasan berikat dan kantor Bea Cukai di dalam kawasan, dengan jarak 59 km ke Pelabuhan Tanjung Perak dan 58 km ke Bandara Juanda. Kawasan PIER juga menampung perusahaan kimia dan farmasi berskala internasional seperti Cheil Jedang Indonesia dan Osaki Medical Indonesia. Pada kriteria akses pasar dan distribusi (bobot 12%), Pasuruan memperoleh skor kriteria 80 dengan nilai akhir 9,6.

Asam laktat dapat digunakan di industri makanan, asam laktat digunakan sebagai pengatur keasaman, pengawet, dan flavor enhancer (Narayan, 2004). Dalam industri farmasi, asam laktat digunakan sebagai bahan aktif dan eksipien dalam berbagai formulasi. Selain itu, aplikasi asam laktat yang sedang berkembang pesat adalah sebagai bahan baku untuk produksi Poly Lactic Acid (PLA), suatu bioplastik yang biodegradable dan dapat menjadi pengganti plastik konvensional berbasis minyak bumi (Narayan, 2004).

Pemasaran melalui jalur darat di Pulau Jawa dapat menggunakan jaringan jalan tol yang aksesnya langsung terhubung ke kawasan industri melalui Gerbang Tol Pasuruan (KM 789+000) dan Tol Gempol–Pasuruan (34,15 km). Pemasaran ke luar Pulau Jawa dapat menggunakan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang berjarak 59 km dari PIER.

Sebagai perbandingan, Lampung memiliki jarak terdekat ke pelabuhan yaitu ± 8 km ke Pelabuhan Panjang melalui Tol Lematang–Panjang, serta fasilitas kepabeanan berupa Pusat Logistik Berikat (PLB) yang baru diberikan kepada dua perusahaan pada Agustus 2025. Kecamatan Tanjung Bintang memiliki 25 perusahaan industri besar dan sedang dan merupakan kawasan industri terbesar kedua di Lampung Selatan, didukung Bandara Radin Inten II berstatus internasional. Lampung memperoleh skor kriteria 70 dengan nilai akhir 8,4. Takalar berjarak sekitar 25 km ke Pelabuhan Makassar dan dirancang sebagai kawasan industri terintegrasi dengan pelabuhan di bawah pengelolaan PT Kawasan Berikat Nusantara (KBN), berstatus Kawasan Berikat dengan zona pengembangan agribusiness industry yang relevan dengan industri asam laktat berbasis molase, serta Bandara Sultan Hasanuddin berjarak sekitar 40 km ke utara. Takalar memperoleh skor kriteria 80 dengan nilai akhir 9,6.

1.3.3.3.Utilitas

Kawasan Pasuruan merupakan kawasan industri sehingga kebutuhan utilitas dan infrastrukturnya telah memadai dan sesuai dengan kebutuhan industri. Berdasarkan data Tabel 1.6, kebutuhan air pabrik adalah 25,64 m³/jam atau 7,12 L/detik, setara 615,32 m³/hari atau 83.981 m³/tahun dengan operasi 7.920 jam per tahun atau 330 hari per tahun, operasi kontinu 24 jam per hari. Kebutuhan air ini diperoleh dari Mata Air Umbulan dengan debit total 4.000 L/detik. Untuk PIER, alokasi air dari Umbulan adalah 100 L/detik, sedangkan PDAB Jawa Timur memperoleh 200 L/detik untuk melayani PIER dan NIP. PT Air Bersih Jatim (PT AB Jatim) telah melayani PIER sejak tahun 1993, dan PDAM Kabupaten Pasuruan mulai memasok PIER sejak 5 Februari 2020 dengan debit 20 L/detik. Pada kriteria ketersediaan air (bobot 25%), Pasuruan memperoleh skor 100 dengan nilai akhir 25.

Kebutuhan listrik diperoleh dari jaringan PLN dengan pasokan 55,08 MVA untuk PIER yang akan memanfaatkan Gardu Induk PIER dengan kapasitas 110 MVA. Pada sektor gas bumi, PGN telah menyalurkan gas bumi ke beberapa industri di Pasuruan, termasuk PT Serba Gurih Indonesia dan PT Rajawali Cakra Sakti.

Kebutuhan asam sulfat (H₂SO₄) untuk proses pengasaman dapat dipenuhi dari PT Petrokimia Gresik yang memiliki pabrik asam sulfat dengan kapasitas produksi 1,8 juta ton per tahun yang terintegrasi dengan produksi pupuk dan produk kimia lainnya. Proses pengasaman diperlukan untuk mengkonversi kalsium laktat yang dihasilkan dari fermentasi menjadi asam laktat bebas, dimana asam sulfat akan bereaksi dengan kalsium laktat menghasilkan asam laktat dan kalsium sulfat sebagai produk samping (Narayan, 2004).

Pabrik semen di Gresik dan Tuban berpotensi menjadi pengguna produk samping gipsum (CaSO₄) yang dihasilkan dari proses pengasaman kalsium laktat. Limbah CaSO₄ dapat dijual ke pabrik semen sebagai bahan baku retarder dalam produksi semen, sehingga limbah berubah menjadi produk samping bernilai ekonomis.

Berdasarkan Tabel 1.7, ketiga lokasi yakni Pasuruan, Lampung, Takalar diberi skor netral 50 dengan nilai akhir 7,5 pada kriteria utilitas pendukung (bobot 15%). Lampung memiliki infrastruktur gas bumi yang telah beroperasi melalui jaringan pipa distribusi PGN sepanjang 95 km dari Labuhan Maringgai ke Bandar Lampung, dengan 22 pelanggan industri dan komersial. Namun, sistem kelistrikan Lampung pada tahun 2018 mengalami defisit sebesar 172,01 MW akibat kerusakan PLTU Sebalang dan Tarahan, yang berdampak pada pemadaman listrik bergilir. PT Semen Baturaja mengoperasikan pabrik pengantongan di Panjang, Lampung, yang dapat berpotensi menjadi pengguna produk samping gipsum. Takalar memiliki rasio

elektrifikasi yang telah mencapai 100% pada tahun 2017. Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan bersama PLN menandatangani komitmen pembangunan PLTB Takalar sebagai upaya pengembangan energi terbarukan. Terdapat dua pabrik semen besar di Sulawesi Selatan yang berpotensi menjadi pengguna CaSO_4 , yaitu PT Semen Tonasa di Pangkep dan PT Semen Bosowa Maros.

1.3.3.4.Lahan

Lahan merupakan rencana perluasan pabrik jika permintaan produksi terus bertambah. Pemilihan kawasan di Pasuruan akan memudahkan pengembangan pabrik karena kawasan merupakan kawasan industri yang telah ditetapkan oleh pemerintah daerah, sehingga ketersediaan lahan untuk ekspansi aman. Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan, kawasan peruntukan industri seluas kurang lebih 8.370 hektare terdapat di seluruh kecamatan, sebagaimana dimaksud dalam Pasal 28 huruf f, sehingga tidak ada konflik dengan peruntukan lahan lainnya dalam PERMEN ATR/BPN No. 11 Tahun 2024.

Kawasan industri di Pasuruan memiliki lahan yang cukup luas dengan harga yang kompetitif dibandingkan kawasan industri di wilayah Surabaya atau Sidoarjo. Topografi wilayah yang relatif datar dengan sebagian besar kawasan berada di dataran rendah memudahkan pembangunan infrastruktur pabrik tanpa memerlukan pekerjaan tanah yang ekstensif.

1.3.4. Faktor Sekunder

1.3.4.1.Karakteristik Lokasi

Wilayah Pasuruan memiliki tingkat risiko bencana alam seperti banjir, longsor, dan gempa bumi yang tergolong rendah hingga sedang. Sebagian besar kawasan industri di Pasuruan berada di dataran rendah dengan elevasi yang memadai sehingga risiko banjir dapat diminimalkan dengan sistem drainase yang baik. Tingkat curah hujan di wilayah ini berkisar antara 1.500–2.000 mm per tahun dengan distribusi relatif merata, sehingga tidak menimbulkan masalah terhadap operasional pabrik. Kondisi geologi wilayah relatif stabil dengan jenis tanah untuk pembangunan infrastruktur industri. Suhu rata-rata berkisar 26–32°C yang sesuai untuk operasional pabrik asam laktat memerlukan kontrol temperatur pada berbagai tahap proses.

1.3.4.2.Peraturan Pemerintah

Berdasarkan Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kabupaten Pasuruan, kawasan yang dipilih untuk lokasi pabrik merupakan kawasan peruntukan industri dengan bentangan lahan

diperuntukkan bagi kegiatan industri sebagaimana dimaksud dalam Pasal 28 huruf f seluas kurang lebih 8.370 *hektare* terdapat di seluruh kecamatan, sehingga tidak ada konflik dengan peruntukan lahan lainnya dalam PERMEN ATR/BPN No. 11 Tahun 2024. Kebijakan pemerintah yang mendukung pengembangan industri berbasis *bio-based chemicals* sejalan dengan rencana pendirian pabrik asam laktat yang merupakan bagian dari industri kimia hijau. Proses perizinan usaha dapat dilakukan melalui sistem *Online Single Submission* (OSS) yang mempermudah dan mempercepat pengurusan izin operasional pabrik.

1.3.4.3.Sarana Penunjang Lain

Wilayah Pasuruan memiliki infrastruktur sosial yang memadai untuk mendukung operasional pabrik. Ketersediaan tenaga kerja terampil dari lulusan SMK dan perguruan tinggi di wilayah Jawa Timur. Fasilitas perumahan untuk karyawan tersedia dengan harga yang terjangkau di sekitar kawasan industri. Fasilitas kesehatan seperti rumah sakit, puskesmas, dan klinik tersedia dalam jarak yang dapat dijangkau. Fasilitas perbankan dan keuangan lengkap dengan keberadaan berbagai bank nasional dan daerah yang dapat mendukung transaksi bisnis. Infrastruktur telekomunikasi dan internet berkualitas baik yang mendukung sistem komunikasi dan monitoring operasional pabrik.

Akses transportasi sangat baik dengan keberadaan Gerbang Tol Pasuruan KM 789 yang terhubung langsung ke PIER, serta Tol Gempol–Pasuruan 34,15 km. Berdasarkan Tabel 1.9, Pasuruan memperoleh skor 80 pada kriteria infrastruktur transportasi (bobot 8%) dengan nilai akhir 6,4, tertinggi dibandingkan Lampung (75; nilai akhir 6,0) dan Takalar (40; nilai akhir 3,2). Akses kereta api untuk transportasi barang tersedia dengan jalur KA yang telah beroperasi. Pelabuhan Tanjung Perak berjarak 59 km dari PIER. Bandara Internasional Juanda berjarak 58 km dari PIER, memfasilitasi mobilitas personil dan pengiriman sampel atau dokumen penting dengan cepat.

1.3.4.4.Limbah Pabrik

Limbah buangan pabrik harus diperhatikan terutama dampaknya terhadap kesehatan masyarakat di sekitar lokasi pabrik. Limbah dari pabrik asam laktat terdiri dari limbah padat berupa kalsium sulfat (CaSO_4), limbah cair, dan limbah organik dari proses fermentasi. Meliputi beberapa aspek berikut:

a. Cara menangani limbah agar tidak menimbulkan pencemaran lingkungan

Limbah padat kalsium sulfat (CaSO_4) yang dihasilkan dari reaksi pengasaman kalsium laktat dengan asam sulfat dapat dijual ke pabrik semen yang berjarak 40 km sebagai bahan

baku. Reaksi pengasaman ini menghasilkan asam laktat bebas dan kalsium sulfat yang mengendap sebagai padatan $\text{Ca}(\text{C}_3\text{H}_5\text{O}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3 + \text{CaSO}_4$ dimana padatan CaSO_4 kemudian dipisahkan dengan filtrasi (Fisher & Filachione, 1948).

Limbah cair proses akan diolah melalui IPAL PIER yang berkapasitas 14.000 m³/hari dan berada di dalam kawasan, melayani seluruh industri di dalamnya. Berdasarkan Tabel 1.10, Pasuruan memperoleh skor 80 pada kriteria pengelolaan limbah (bobot 5%) dengan nilai akhir 4,0, tertinggi dibandingkan Lampung (60; nilai akhir 3,0) dan Takalar (60; nilai akhir 3,0). Selain itu, terdapat fasilitas pengolahan limbah B3 PT Prada Tanara Pratama di atas lahan 3.500 m² yang menggunakan teknologi insinerasi dengan kapasitas ± 200 ton/bulan, diresmikan Wakil Presiden Ma'ruf Amin pada Juni 2024, dan ditargetkan beroperasi Agustus 2024.

Limbah organik dari fermentasi dapat dimanfaatkan di biomassa plant yang berjumlah 12 unit dalam jarak rata-rata 18 km untuk dikonversi menjadi biogas atau kompos. TPA regional terintegrasi tersedia dalam jarak 25 km untuk pengelolaan limbah domestik dan limbah tidak berbahaya lainnya.

Sebagai perbandingan, Lampung memiliki IPAL terintegrasi pada beberapa industri seperti PTPN 1 Regional 7 Natar dengan sistem anaerob-fakultatif-aerob dengan tingkat kepatuhan baku mutu 97,62%. Untuk limbah B3, pengelolaan dilakukan melalui pihak ketiga berizin karena tidak tersedia fasilitas pengolahan di dalam provinsi (limbah medis dikirim ke Tangerang). Takalar memiliki IPAL Galesong yang melayani Kawasan Industri Takalar dan permukiman sekitarnya. Untuk limbah B3, kewenangan perizinan berada pada Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan, namun fasilitas pengolahan limbah B3 spesifik di kawasan Takalar belum terverifikasi.

b. Biaya menangani polusi lingkungan

Biaya-biaya yang harus dipertimbangkan pertama adalah investasi untuk pembangunan IPAL in-house yang dapat mengolah limbah cair sesuai standar baku mutu yang ditetapkan. Kemudian biaya operasional IPAL yang meliputi pengadaan bahan kimia untuk koagulasi dan flokulasi serta energi untuk proses aerasi, di samping biaya pemeliharaan peralatan secara berkala. Selanjutnya biaya transportasi limbah ke fasilitas pengolahan eksternal atau pemanfaatan limbah ke industri lain, seperti pabrik semen sebagai pengguna produk samping gipsium dan biomassa plant untuk pengolahan limbah organik. Selanjutnya, biaya monitoring kualitas lingkungan secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan. Terakhir, investasi untuk sistem minimisasi limbah melalui optimasi proses dan *recycle/reuse* air proses untuk mengurangi volume limbah yang harus diolah, sehingga secara keseluruhan dapat menekan biaya pengelolaan limbah dan meningkatkan efisiensi operasional pabrik.

1.4. Tinjauan Proses

1.4.1. Macam-macam Proses Pembuatan Asam Laktat

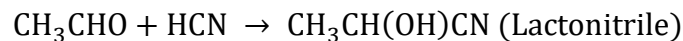
Asam laktat dapat diproduksi dengan dua metode utama, yaitu sintesis kimia dan fermentasi mikrobial (Komesu et al., 2017).

1.4.1.1. Sintesis Kimia (Rute Lactonitrile)

Proses sintesis kimia ditemukan pada tahun 1863 dan melibatkan beberapa tahapan reaksi kimia menggunakan bahan baku petrokimia (Narayan, 2004). Tahapan prosesnya adalah sebagai berikut:

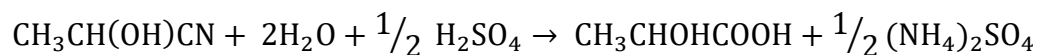
a. Pembentukan Lactonitrile

Asetaldehid bereaksi dengan Hidrogen Sianida (HCN) dalam reaksi terkatalis basa fase cair pada tekanan tinggi.



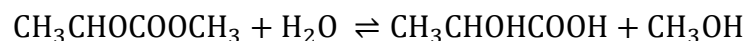
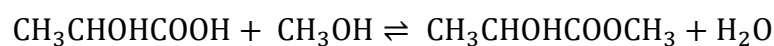
b. Hidrolisis menjadi Asam Laktat

Lactonitrile dihidrolisis dengan asam sulfat pekat.



c. Pemurnian Melalui Esterifikasi

Asam laktat diesterifikasi dengan metanol membentuk metil laktat, kemudian dihidrolisis kembali.



Sintesis kimia menghasilkan campuran rasemat (DL-lactic acid) yang mengandung bagian yang sama dari isomer D dan L (Komesu et al., 2017). Proses ini bergantung pada bahan baku petrokimia yang berasal dari bahan bakar fosil.

1.4.1.2. Fermentasi Karbohidrat

Saat ini, sekitar 90% produksi asam laktat global berasal dari fermentasi mikrobial (Komesu et al., 2017). Fermentasi asam laktat dapat dibagi menjadi dua tipe utama:

a. Homofermentasi

Menghasilkan asam laktat sebagai produk utama ($\geq 85\%$) dengan sedikit atau tanpa produk samping (Neil, 1922). Bakteri homofermentatif utama yang digunakan adalah *Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus plantarum*, dan *Lactobacillus acidophilus*.



b. Heterofermentasi

Menghasilkan asam laktat bersama produk samping seperti etanol, asam asetat, dan CO₂ (Neil, 1922). Bakteri heterofermentatif utama yang digunakan adalah *Leuconostoc mesenteroides* dan *Lactobacillus brevis*.



1.4.2. Pemilihan Proses

Proses produksi asam laktat dapat dilakukan melalui beberapa jalur reaksi yang memiliki kondisi operasi serta karakteristik proses yang berbeda. Perbandingan kedua proses tersebut pada Tabel 1.13.

Berdasarkan perbandingan pada tabel tersebut, proses fermentasi dipilih karena memiliki kondisi operasi yang lebih moderat dan lebih ramah lingkungan dibandingkan proses sintesis kimia. Oleh karena itu, pada perancangan pabrik ini digunakan proses fermentasi homofermentatif dengan bantuan bakteri *Lactobacillus delbrueckii* sebagai mikroorganisme penghasil asam laktat.

Tabel 1. 12 Perbandingan Proses Pembuatan Asam Laktat

Parameter	Fermentasi	Sintesis Kimia
Bahan Baku	Molase (terbarukan)	Asetaldehida + HCN (petrokimia)
Suhu Operasi	45°C	>100°C
Tekanan Operasi	1 atm (atmosferik)	Tekanan tinggi
Yield	94-96%	70-85%
Produk Samping	Minimal	Amonium sulfat
Kemurnian Optik	L(+)- atau D(-)-asam laktat murni	DL-rasemat (50:50)
Konsumsi Energi	Rendah	Tinggi
Dampak Lingkungan	Rendah	Tinggi

Proses fermentasi dipilih karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan sintesis kimia. Bahan baku molase bersifat terbarukan di Indonesia sehingga lebih ekonomis dan mudah diperoleh. Fermentasi berlangsung pada kondisi ringan (suhu 45°C, tekanan 1 atm) sehingga kebutuhan energi lebih rendah. Dari sisi kinerja, fermentasi menghasilkan yield asam laktat tinggi (94–96%) dengan produk samping minimal, serta menghasilkan asam laktat yang diperlukan sebagai bahan baku kosmetik. Proses fermentasi homofermentatif lebih menguntungkan karena biaya produksi lebih rendah dan lebih ramah lingkungan.