

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Perkembangan industri global yang semakin pesat mendorong terjadinya persaingan yang ketat antar negara, sehingga setiap negara dituntut untuk memperkuat sektor industri pengolahannya. Sektor industri pengolahan memiliki peran strategis dalam meningkatkan nilai tambah sumber daya dan memperkuat struktur ekonomi nasional. Dalam hal ini, pemerintah Indonesia melalui Peraturan Presiden Nomor 18 Tahun 2020 tentang Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) menetapkan industri pengolahan sebagai salah satu sektor prioritas yang diproyeksikan memberikan kontribusi signifikan terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) nasional. Kebijakan tersebut menegaskan pentingnya pengembangan industri yang berdaya saing, bernilai tambah tinggi, dan berkelanjutan.

Industri kimia merupakan bagian penting dari sektor industri pengolahan karena menghasilkan berbagai produk antara dan produk akhir yang menjadi bahan baku bagi berbagai industri lain, seperti industri pangan, farmasi, material, dan energi. Peran strategis industri kimia menjadikannya sebagai penggerak utama dalam rantai pasok industri nasional. Oleh karena itu, pengembangan industri kimia tidak hanya berkontribusi terhadap pemenuhan kebutuhan dalam negeri, tetapi juga memperkuat daya saing industri nasional secara keseluruhan (Shreve & Brink, 1984; Towler & Sinnott, 2013).

Salah satu produk industri kimia yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan adalah asam laktat. Asam laktat merupakan asam organik yang banyak dimanfaatkan dalam berbagai sektor industri, antara lain sebagai pengatur keasaman dan pengawet dalam industri pangan, bahan baku dan eksipien dalam industri farmasi dan kosmetik, serta bahan baku utama dalam pembuatan polimer *biodegradable* seperti *polylactic acid* (PLA) (Datta & Henry, 2006). Meningkatnya kebutuhan akan produk ramah lingkungan dan berbasis sumber daya terbarukan mendorong permintaan asam laktat secara global.

Asam laktat umumnya diproduksi melalui proses fermentasi karbohidrat menggunakan mikroorganisme asam laktat. Proses fermentasi ini memiliki keunggulan karena memanfaatkan bahan baku terbarukan, menghasilkan produk yang ramah lingkungan, serta berpotensi diintegrasikan dengan sumber biomassa lokal. Perkembangan teknologi fermentasi telah meningkatkan efisiensi produksi asam laktat dari segi rendemen, selektivitas, dan keberlanjutan proses, sehingga semakin layak dikembangkan dalam skala industri (Abdel-Rahman et al., 2013).

Sejalan dengan arah kebijakan nasional, pengembangan industri asam laktat juga mendukung penerapan konsep industri hijau sebagaimana diamanatkan dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2014 tentang Perindustrian, yang menekankan efisiensi penggunaan sumber daya, pengurangan dampak lingkungan, dan pemanfaatan bahan baku terbarukan. Di Indonesia, produksi asam laktat masih relatif terbatas sehingga sebagian kebutuhan domestik masih dipenuhi melalui impor. Kondisi ini menunjukkan adanya peluang yang besar bagi pendirian pabrik asam laktat di dalam negeri. Dengan ketersediaan bahan baku berbasis karbohidrat yang melimpah serta dukungan kebijakan pemerintah terhadap industri berkelanjutan, pendirian pabrik asam laktat diharapkan mampu mengurangi ketergantungan impor, meningkatkan nilai tambah sumber daya lokal, serta mendorong pertumbuhan industri hilir berbasis bio.

1.2. Kapasitas Rancangan

Dalam menentukan kapasitas produksi industri asam laktat, perlu diperhatikan berbagai aspek, meliputi aspek keuangan, teknis, kapasitas minimum, serta kelayakan ekonomis. Dari segi teknis, perencanaan kapasitas pabrik asam laktat mempertimbangkan ketersediaan dan keberlanjutan bahan baku berbasis karbohidrat, kesiapan teknologi proses fermentasi, serta peluang dan kebutuhan pasar. Kapasitas produksi yang dirancang harus berada di atas kapasitas minimum yang layak secara teknis dan ekonomis, serta mampu bersaing dengan kapasitas pabrik sejenis yang telah beroperasi. Penentuan kapasitas yang tepat diharapkan dapat menjamin efisiensi operasi, kontinuitas produksi, dan keberlanjutan industri asam laktat yang direncanakan.

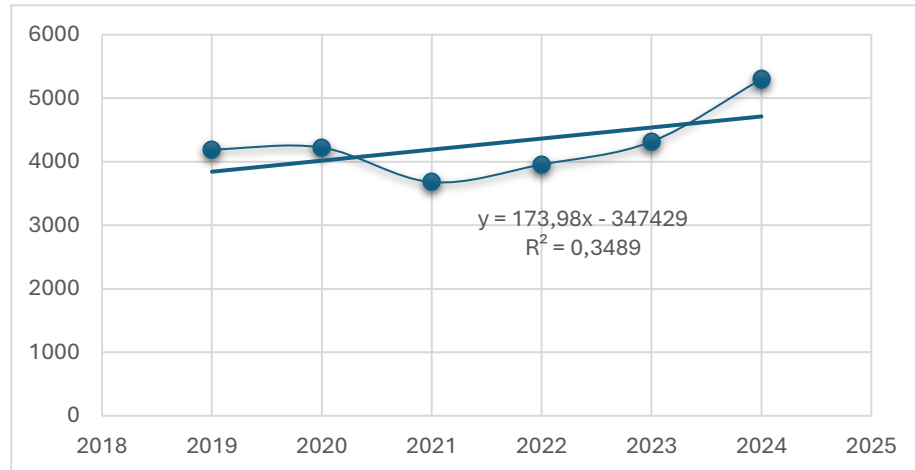
1.2.1. Perkiraan Kebutuhan Asam Laktat di Indonesia

Segi ekonomis pada pendirian pabrik asam laktat perlu memperhatikan tingkat profitabilitas yang dapat dicapai, selain besarnya modal yang harus disiapkan serta keterkaitannya dengan kondisi perekonomian nasional. Pertimbangan ekonomi tersebut menjadi dasar dalam menilai kelayakan pendirian pabrik agar mampu beroperasi secara berkelanjutan dan memberikan keuntungan yang optimal. Data perkembangan impor dan ekspor asam laktat yang disajikan pada Tabel 1.1 digunakan sebagai acuan dalam melakukan proyeksi kebutuhan serta peluang pemenuhan asam laktat di dalam negeri.

Tabel 1. 1 Perkembangan Impor dan Asam Laktat (BPS, 2019 - 2024)

Tahun	Impor (Ton/Tahun)	Ekspor (Ton/Tahun)	%P (Impor)	%P (Ekpor)
2019	4192,951	293,49669	0	0
2020	422,607	255,5497	0,707282294	-12,92927358
2021	3678,838	119,67424	-12,87756592	-53,16987654
2022	3955,418	78,2784	7,518134802	-34,59043483
2023	4316,117	63,67269	9,119112064	-18,65867212
2024	5299,408	197,97128	22,78184303	210,9202391
Total (%P)			27,24880627	77,65366014
% I			0,029510397	0,15261997

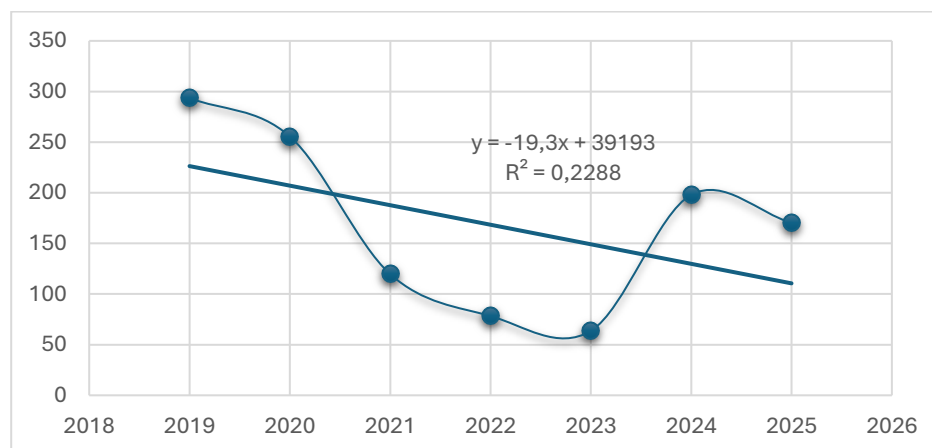
Negara impor asam laktat berasal dari Tiongkok, Thailand, Amerika Serikat, Jerman, Belanda, Belgia, Jepang, Korea Selatan, India dan Brasil. Berdasarkan tabel 1.1 dapat diketahui kebutuhan asam laktat di Indonesia mengalami peningkatan. Jumlah impor produk asam laktat dapat menjadi acuan besarnya kebutuhan asam laktat di Indonesia, dikarenakan produksi khusus asam laktat belum ada. Sedangkan asam laktat yang merupakan co-product dari industri lain jumlahnya belum memenuhi kebutuhan di Indonesia.



Gambar 1. 1 Grafik Impor Asam Laktat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.1, data impor asam laktat di Indonesia menunjukkan tren peningkatan dari tahun 2019 hingga 2024. Pada tahun 2019, impor asam laktat tercatat sekitar 4.200 ton, kemudian mengalami penurunan pada tahun 2020 dan 2021 menjadi sekitar 4.100 ton dan 3.600 ton. Namun, impor kembali meningkat pada tahun 2022 dan 2023 masing-masing sekitar 3.900 ton dan 4.300 ton, hingga mencapai puncaknya pada tahun 2024 dengan volume impor sekitar 5.400 ton. Tren peningkatan ini diperkuat dengan persamaan regresi linear $y =$

173,98x - 347429 dengan nilai $R^2 = 0,3489$, yang menunjukkan adanya kecenderungan kenaikan kebutuhan asam laktat di Indonesia seiring berjalannya waktu.



Gambar 1. 2 Grafik Ekspor Asam Laktat di Indonesia

Berdasarkan Gambar 1.2, data ekspor asam laktat Indonesia menunjukkan tren penurunan. Pada tahun 2019, ekspor asam laktat mencapai sekitar 295 ton, namun terus menurun drastis hingga tahun 2023 yang hanya sekitar 60 ton. Meskipun terjadi peningkatan pada tahun 2024 menjadi sekitar 195 ton, tren keseluruhan tetap menunjukkan penurunan dengan persamaan regresi $y = -19,3x + 39193$ dan nilai $R^2 = 0,2288$. Kondisi ini mengindikasikan bahwa Indonesia lebih banyak bergantung pada impor asam laktat untuk memenuhi kebutuhan domestik, sementara kapasitas ekspor masih terbatas dan cenderung menurun.

Penentuan kapasitas pabrik didasarkan pada data impor asam laktat di Indonesia, ketersediaan bahan baku, serta kapasitas pabrik yang telah berdiri di luar negeri (Peters & Timmerhaus, 1991).

Perhitungan kapasitas pabrik menggunakan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan TradeMap dengan komoditas HS 291811 (Lactic Acid). Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), diperoleh rerata nilai impor, ekspor, serta estimasi konsumsi domestik asam laktat di Indonesia periode 2019–2024 sebagaimana disajikan pada Tabel 1.2.

Tabel 1. 2 Data Rerata Impor dan Ekspor Asam Laktat Indonesia (BPS, 2019 - 2024)

Parameter	Nilai (ton/tahun)	Sumber
Impor	4.277,556	BPS (2024) - rerata 2019-2024
Ekspor	168,107	BPS (2024) - rerata 2019-2024
Konsumsi Domestik	4.109,449	BPS (2024) - perhitungan
Produksi	0	Belum ada pabrik

Data perdagangan asam laktat Indonesia tahun 2023 berdasarkan TradeMap yang meliputi nilai perdagangan dan jumlah kuantitas impor serta ekspor disajikan pada Tabel 1.3.

Tabel 1. 3 Data Impor dan Ekspor Indonesia Tahun 2023 (TradeMap, 2023)

Parameter	Trade Value (1000 USD)	Quantity (Ton)	Sumber
Impor	10.209,15	4.316,12	TradeMap (2023)
Ekspor	185,83	63,6727	TradeMap (2023)

Perhitungan kapasitas rancangan menggunakan formula dari Peters & Timmerhaus (1991) yang dimodifikasi dengan faktor-faktor khusus untuk pabrik pertama:

$$C = [D0 \times (1 + r)^n \times (1 + fs) \times Fplant] + E$$

Dimana:

- C = Kapasitas rancangan (ton/tahun)
- D0 = Data permintaan tahun dasar (TradeMap 2023 = 4.316,12 ton)
- r = Laju pertumbuhan pasar per tahun
- n = Selisih tahun proyeksi (2028 - 2023 = 5 tahun)
- fs = Faktor keamanan (Towler & Sinnott, 2012)
- Fplant = Faktor khusus pabrik pertama (Ulrich, 1984)
- E = Volume ekspor (TradeMap 2023 = 63,6727 ton)

Laju pertumbuhan pasar dihitung berdasarkan perbandingan data TradeMap dan BPS:

$$r = DTradeMap - \frac{DBPS}{DBPS}$$

$$r = 4.316,12 - \frac{4.277,556}{4.277,556} = \frac{38,564}{4.277,556} = 0,00901 \approx 0,009 (0,9\%)$$

Kemudian, menghitung faktor pertumbuhan $(1+r)^n$

$$(1 + r)^n = (1 + 0,009)^5 = 1,045817$$

Proyeksikan kebutuhan untuk tahun 2028 (D_{2028})

$$D_{2028} = D0 \times (1 + r)^n = 4.316,12 \times 1,045817 = 4.513,89 \approx 4.514 \text{ ton}$$

Menurut Towler & Sinnott (2012), untuk data terbatas dan pabrik pertama, digunakan faktor keamanan $fs=0,10$ ($fs=0,10$ (10%)).

$$A = D_{2028} \times (1 + fs) = 4.514 \times 1,10 = 4.965,4 \approx 4.965 \text{ ton}$$

Menurut Ulrich (1984), faktor pabrik pertama dihitung berdasarkan beberapa komponen yang mempengaruhi kinerja awal pabrik. Komponen tersebut meliputi *start-up inefficiency factor*, *market penetration factor*, *learning curve factor*, dan *regulatory buffer factor* sebagaimana ditunjukkan pada Tabel 1.4.

Tabel 1. 4 Komponen Faktor Pabrik Pertama

No	Komponen	Nilai	Dasar Penetapan
1	Start-up inefficiency factor	1,08	Pabrik baru operasi 85% kapasitas
2	Market penetration factor	1,12	Merebut pasar dari impor (target 85%)
3	Learning curve factor	1,05	Optimalisasi proses tahun awal
4	Regulatory buffer factor	1,03	Antisipasi perubahan regulasi

Perhitungan F_{plant} :

$$F_{plant} = 1,08 \times 1,12 \times 1,05 \times 1,03 = 1,3081824 \approx 1,31$$

Hasil perhitungan faktor pabrik pertama kemudian dibandingkan dengan rentang nilai yang direkomendasikan oleh beberapa literatur. Perbandingan tersebut disajikan pada Tabel 1.5, yang menunjukkan bahwa nilai F_{plant} yang diperoleh masih berada dalam rentang yang direkomendasikan.

Tabel 1. 5 Perbandingan Faktor Pabrik Pertama

Referensi	Rentang F_{plant}
Ulrich (1984)	1,20 - 1,45
Peters & Timmerhaus (1991)	1,25 - 1,40
Towler & Sinnott (2012)	1,20 - 1,35

Perhitungan dengan Faktor Pabrik Pertama

$$B = A \times F_{plant} = 4.965 \times 1,31 = 6.504,15 \text{ ton}$$

Kemudian setelah itu perhitungan kapasitas produksi asam laktat yakni sebagai berikut.

$$C = B + E = 6.504,15 + 63,6727 = 6.567,8227 \approx 6.568 \text{ ton}$$

Dalam perancangan pabrik kimia, kapasitas produksi dibulatkan ke atas untuk mengantisipasi standar peralatan pabrik yang tersedia, faktor pertumbuhan tak terduga di masa mendatang, kemudahan operasional dan perhitungan produksi sehingga kapasitas 6.568 ton/tahun dibulatkan menjadi 6.600 ton/tahun

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.

Berdasarkan Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1999 tentang Larangan Praktik Monopoli, kapasitas 6.600 ton tidak melanggar ketentuan karena produk impor masih tersedia (substitusi ada), tidak ada hambatan bagi pesaing untuk masuk pasar, dan meskipun pabrik ini akan

menguasai 100% pasar domestik, hal tersebut hanya merupakan rambu peringatan bukan pelanggaran otomatis selama tidak ada penyalahgunaan posisi dominan. Sesuai Pedoman KPPU (2011), pendekatan yang digunakan adalah behavioral approach bukan structural approach.

Kapasitas pabrik asam laktat pertama di Indonesia untuk tahun operasi 2028 ditetapkan sebesar 6.600 ton/tahun. Penetapan ini didasarkan pada proyeksi kebutuhan domestik 4.514 ton, ditambah faktor keamanan 10% menjadi 4.965 ton, kemudian dikalikan faktor pabrik pertama 1,31 menjadi 6.504 ton, ditambah ekspor existing 63,67 ton menjadi 6.568 ton, dan dibulatkan menjadi 6.600 ton. Kapasitas ini memenuhi kebutuhan domestik sebesar 75,2% (4.965 ton) dan menyediakan potensi ekspor 24,8% (1.635 ton), serta tidak melanggar Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1999.

1.2.2. Ketersediaan Bahan Baku

Pasuruan merupakan salah satu sentra industri gula terbesar di Jawa Timur yang memiliki potensi besar dalam penyediaan bahan baku untuk produksi asam laktat. Bahan baku utama produksi asam laktat adalah molase (tetes tebu) yang merupakan produk samping dari industri pengolahan gula. Di wilayah Pasuruan dan sekitarnya terdapat beberapa pabrik gula yang beroperasi, antara lain PG Rejoagung Baru, PG Krebet Baru, dan PG Gending, yang secara rutin menghasilkan molase sebagai produk samping.

Ketersediaan bahan baku molase di Pasuruan dan sekitarnya terlihat pada Tabel 1.3. Berdasarkan Tabel 1.3, potensi molase yang tersedia menunjukkan jumlah yang sangat memadai untuk mendukung operasional pabrik asam laktat. PG Rejoagung Baru dengan kapasitas giling 2.500 TCD dapat menghasilkan molase sekitar 2.500-4.000 ton per tahun, PG Krebet Baru dengan kapasitas 2.000 TCD menghasilkan 2.000-3.200 ton per tahun, dan PG Gending dengan kapasitas 1.800 TCD menghasilkan 1.800-2.900 ton per tahun. Ditambah dengan kontribusi dari pabrik gula lainnya di Jawa Timur, total potensi molase yang tersedia mencapai 11.300-18.100 ton per tahun seperti yang tertera pada Tabel 1.3.

Kebutuhan molase untuk produksi asam laktat dengan kapasitas 6.000 ton per tahun diperkirakan sekitar 12.000-15.000 ton molase per tahun, tergantung pada efisiensi proses konversi fermentasi sehingga ketersediaan molase dari pabrik-pabrik gula di Pasuruan dan sekitarnya memenuhi kebutuhan bahan baku untuk produksi asam laktat di Indonesia.

Selain molase, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.3, Pasuruan juga memiliki akses yang baik terhadap bahan baku alternatif seperti singkong dengan produksi mencapai ± 50.000 ton per tahun dan jagung sekitar ± 30.000 ton per tahun yang banyak dibudidayakan di wilayah

sekitarnya. Bahan baku alternatif ini dapat digunakan sebagai cadangan apabila pasokan molase mengalami fluktuasi musiman atau untuk diversifikasi sumber bahan baku guna menjaga kontinuitas produksi.

Lokasi Pasuruan yang strategis dengan infrastruktur transportasi yang memadai, baik melalui jalur darat maupun akses ke Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya, memudahkan distribusi produk serta pengadaan bahan baku pendukung, seperti nutrisi fermentasi, bahan kimia untuk purifikasi, dan utilitas pendukung produksi. Selain itu, ketersediaan bahan baku utama untuk produksi asam laktat di wilayah Pasuruan disajikan pada Tabel 1.6.

Tabel 1. 6 Ketersediaan Bahan Baku Asam Laktat di Pasuruan (Data Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Pasuruan, 2024)

Jenis Bahan Baku	Sumber	Kapasitas	Potensi Molase (ton/tahun)
Molase	PG Rejoagung Baru	2.500 TCD	2.500 - 4.000
Molase	PG Krebet Baru	2.000 TCD	2.000 - 3.200
Molase	PG Gending	1.800 TCD	1.800 - 2.900
Molase	PG Lainnya (Jatim)	Bervariasi	5.000 - 8.000
Total Molase			11.300 - 18.100
Singkong	Petani lokal Pasuruan	±50.000 ton/tahun	Bahan baku alternatif
Jagung	Petani lokal Pasuruan	±30.000 ton/tahun	Bahan baku alternatif

1.2.3. Kapasitas Pabrik Asam Laktat yang Beroperasi

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

Melalui pertimbangan perkiraan kebutuhan pada tahun 2027, ketersediaan bahan baku di Indonesia serta kapasitas pabrik asam laktat yang sudah beroperasi di dunia seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.2, ditetapkan kapasitas perancangan pabrik asam laktat ini adalah 6.000 ton/tahun. Kapasitas ini dipilih dengan mempertimbangkan skala produksi pabrik asam laktat yang telah beroperasi di berbagai negara dengan rentang kapasitas mulai dari 3.000 ton/tahun hingga 180.000 ton/tahun. Prarancangan pabrik dengan kapasitas 6.000 ton/tahun ini dinilai sesuai untuk tahap awal pengembangan industri asam laktat di Indonesia, yang bertujuan untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, mengurangi ketergantungan impor, sebagian dapat

diekspor, serta turut serta memperkuat perekonomian negara.

Tabel 1. 7 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

1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

1.3.1. Pemilihan Lokasi Pabrik

Pemilihan lokasi pabrik merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi keberhasilan dan kelangsungan produksi suatu pabrik baik dari segi teknis maupun ekonomis. Pemilihan lokasi yang tepat dapat menghindari hal-hal yang tidak diinginkan dan memberikan keuntungan besar dalam jangka waktu yang panjang. Sebelum mendirikan pabrik perlu dilakukan studi kelayakan untuk mempertimbangkan beberapa faktor penunjang yang mendukung kelangsungan pabrik. Faktor-faktor yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik antara lain.

1.3.1.1. Bahan Baku

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

1.3.1.1 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).

1.3.1.2. Tenaga Kerja

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

1.3.1.3. 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).

1.3.1.4. 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)

1.3.1.5. 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).

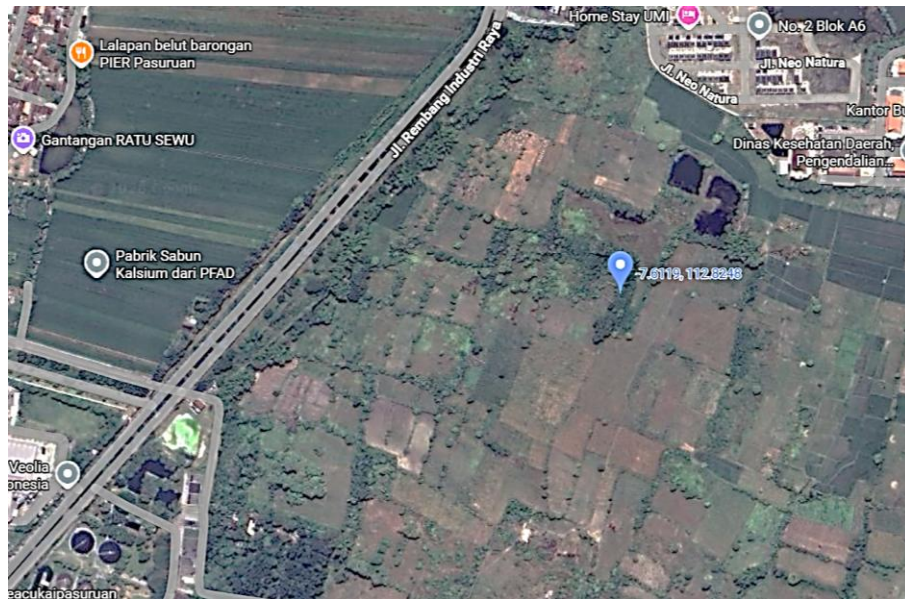
1.3.1.6. Transportasi

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).

1.3.1.7. 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. 3 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 salah satu tahapan penting dalam perancangan pabrik karena berpengaruh terhadap kelancaran proses produksi, efisiensi biaya operasional, kemudahan distribusi produk, serta keberlanjutan pengembangan industri. Oleh karena itu, pemilihan lokasi dilakukan menggunakan metode pembobotan (*weighted scoring*) dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang memengaruhi kelayakan pendirian pabrik. Kriteria yang digunakan meliputi ketersediaan bahan baku, ketersediaan air, utilitas pendukung, akses pasar dan distribusi, infrastruktur transportasi, serta pengelolaan limbah. Masing-masing kriteria diberikan bobot sesuai dengan tingkat pengaruhnya terhadap keberlangsungan operasional pabrik.

1.3.2.1. Ketersediaan Bahan Baku (Bobot 35%)

Ketersediaan bahan baku merupakan faktor utama dalam pemilihan lokasi pabrik karena berpengaruh langsung terhadap kontinuitas proses produksi, efisiensi biaya transportasi, serta kestabilan pasokan bahan baku. Pabrik asam laktat ini menggunakan molase sebagai bahan baku utama dengan kebutuhan sebesar baku utama dengan kebutuhan sebesar 1.766,32 kg/jam atau sekitar 13.989 ton/tahun berdasarkan waktu operasi 7.920 jam/tahun (330 hari/tahun).

Tabel 1.8 menyajikan perbandingan ketersediaan molase pada tiga alternatif lokasi, yaitu Kabupaten Pasuruan, Provinsi Lampung, dan Kabupaten Takalar. Penilaian dilakukan berdasarkan jumlah produksi molase regional, surplus molase terhadap kebutuhan pabrik, jarak rata-rata pabrik gula sebagai pemasok, serta jumlah pabrik gula yang berada dalam radius 30 km dari lokasi pabrik.

Tabel 1. 8 Perbandingan Ketersediaan Molase Pada Alternatif Lokasi

Kriteria	Pasuruan	Lampung	Takalar
Total molase regional	85.000 ton	62.000 ton	30.000 ton
Surplus	+71.367 ton	+48.367 ton	+16.367 ton
% Surplus	523%	355%	120%
Jarak rata-rata PG	15 km	22 km	32 km
Jumlah PG dalam radius 30km	3 pabrik	3 pabrik	3 pabrik
Skor Surplus (40%)	100	75	45
Skor Jarak (40%)	100	80	60
Skor Diversifikasi (20%)	100	100	85
Total Skor	100	82	60
Nilai Akhir ($\times 35\%$)	35,0	28,7	21,0

Berdasarkan Tabel 1.8, Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai tertinggi dengan skor total 100 atau nilai akhir 35,0. Nilai tersebut didukung oleh ketersediaan molase sebesar 85.000 ton/tahun, sehingga menghasilkan surplus sebesar 71.367 ton/tahun atau sekitar 523% dari kebutuhan pabrik. Selain itu, rata-rata jarak pabrik gula menuju lokasi pabrik hanya 15 km, sehingga biaya transportasi bahan baku dapat ditekan dan kontinuitas pasokan lebih terjamin.

Provinsi Lampung memperoleh nilai akhir 28,7 karena memiliki surplus molase sebesar 48.367 ton/tahun atau sekitar 355% dari kebutuhan pabrik. Meskipun kapasitas bahan baku masih mencukupi, jarak pemasok yang lebih jauh dibandingkan Kabupaten Pasuruan menyebabkan efisiensi distribusi bahan baku menjadi lebih rendah.

Kabupaten Takalar memperoleh nilai akhir 21,0 karena surplus molase hanya mencapai 16.367 ton/tahun atau sekitar 120% dari kebutuhan pabrik. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa kapasitas pasokan terbatas sehingga berpotensi meningkatkan risiko kekurangan bahan baku apabila terjadi penurunan produksi molase.

1.3.2.2. Ketersediaan Air (Bobot 25%)

Air merupakan salah satu utilitas utama yang digunakan dalam proses fermentasi, sistem pendingin, pembangkitan uap, serta kebutuhan utilitas lainnya. Oleh karena itu, lokasi pabrik harus memiliki sumber air dengan kapasitas yang memadai, kontinuitas pasokan yang baik, serta jarak yang relatif dekat dengan lokasi pabrik agar kebutuhan air proses dapat dipenuhi secara berkelanjutan.

Kebutuhan air pada pabrik ini sebesar 3.833 kg/jam atau setara dengan 3,83 m³/jam, sehingga total kebutuhan air selama satu tahun operasi mencapai 30.773 m³/tahun.

Tabel 1.9 menunjukkan perbandingan ketersediaan sumber air pada masing-masing alternatif lokasi berdasarkan kapasitas debit air, jarak sumber air terhadap lokasi pabrik, kontinuitas pasokan, serta jumlah sumber air cadangan yang tersedia.

Tabel 1. 9 Perbandingan Ketersediaan Sumber Air Pada Alternatif Lokasi

Kriteria	Pasuruan	Lampung	Takalar
Total debit tersedia	12,7 m ³ /detik	19,1 m ³ /detik	8,7 m ³ /detik
Debit (m ³ /jam)	45.720	68.760	31.320
Rasio tersedia/kebutuhan	11.933:1	17.945:1	8.176:1
Jarak sumber utama	2 km	1,5 km	8 km
Kontinuitas	Rendah	Sangat Rendah	Sedang
Backup sources	3 sungai	2 sungai	1 sungai
Skor Kapasitas (35%)	85	100	70
Skor Jarak (30%)	90	100	50
Skor Kontinuitas (25%)	90	100	70
Skor Backup (10%)	100	85	60
Total Skor	89	98	66
Nilai Akhir (×25%)	22,3	24,5	16,5

Berdasarkan hasil pembobotan, Provinsi Lampung memperoleh nilai tertinggi dengan skor 98 atau nilai akhir 24,5. Nilai tersebut didukung oleh debit air terbesar, yaitu 19,1 m³/detik, jarak sumber air yang paling dekat sekitar 1,5 km, serta kontinuitas pasokan air yang sangat baik sehingga mampu memenuhi kebutuhan air proses secara optimal.

Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai akhir 22,3 karena memiliki debit air yang mencukupi kebutuhan pabrik dan didukung oleh tiga sumber air cadangan yang dapat

meningkatkan keandalan pasokan apabila terjadi gangguan pada salah satu sumber air. Kabupaten Takalar memperoleh nilai akhir 16,5 karena memiliki kapasitas sumber air yang lebih rendah dengan jarak sumber air sekitar 8 km, sehingga memerlukan investasi jaringan distribusi air yang lebih besar dibandingkan lokasi lainnya.

1.3.2.3.Utilitas Pendukung (Bobot 15%)

Utilitas pendukung merupakan fasilitas yang diperlukan untuk menjamin kelancaran proses produksi secara berkesinambungan. Penilaian pada aspek ini meliputi ketersediaan pasokan listrik, kedekatan pemasok asam sulfat (H_2SO_4), keberadaan industri semen sebagai pengguna produk samping berupa gipsium ($CaSO_4$), serta jumlah pembangkit listrik berbasis biomassa di sekitar lokasi pabrik.

Tabel 1.10 menyajikan perbandingan kondisi utilitas pendukung pada masing-masing alternatif lokasi berdasarkan ketersediaan dan kedekatan fasilitas penunjang proses produksi.

Tabel 1. 10 Perbandingan Kondisi Utilitas Pendukung

Kriteria	Pasuruan	Lampung	Takalar
Listrik			
Kapasitas tersedia	85.000 kW	62.000 kW	38.000 kW
Rasio vs kebutuhan	156:1	114:1	70:1
Jarak GI	8 km	15 km	25 km
Jumlah GI (30km)	3 unit	2 unit	1 unit
Skor listrik	100	80	60
Pabrik Semen ($CaSO_4$)			
Jarak	40 km	60 km	70 km
Potensi revenue	Rp 7,1M/tahun	Rp 7,1M/tahun	Rp 7,1M/tahun
Skor semen	100	80	70
H_2SO_4 Supplier			
Jarak	35 km	85 km	55 km
Skor H_2SO_4	100	65	80
Biomassa Plant			
Jumlah plant	12 unit	8 unit	4 unit
Jarak rata-rata	18 km	25 km	42 km
Skor biomassa	100	75	50
Total Skor	100	75	65
Nilai Akhir ($\times 15\%$)	15,0	11,3	9,8

Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai tertinggi sebesar 15,0 karena memiliki infrastruktur utilitas yang paling lengkap. Kapasitas listrik yang tersedia jauh melebihi kebutuhan pabrik, lokasi pemasok asam sulfat relatif dekat, industri semen berada dalam jarak yang mendukung pemanfaatan produk samping, serta jumlah pembangkit biomassa lebih banyak dibandingkan lokasi lainnya.

Provinsi Lampung memperoleh nilai 11,3 karena seluruh utilitas tersedia, sebagian besar berada pada jarak lebih jauh sehingga berpotensi meningkatkan biaya operasional.

Kabupaten Takalar memperoleh nilai 9,8 akibat keterbatasan fasilitas utilitas dan jarak pemasok yang relatif lebih jauh dibandingkan kedua alternatif lokasi lainnya.

1.3.2.4. Akses Pasar & Distribusi (Bobot 12%)

Akses terhadap pasar merupakan salah satu faktor yang memengaruhi efisiensi distribusi produk serta potensi pengembangan usaha. Lokasi pabrik yang berada dekat dengan kawasan industri dan konsumen utama akan memberikan keuntungan berupa biaya distribusi yang lebih rendah serta jangkauan pemasaran yang lebih luas.

Tabel 1.11 menunjukkan perbandingan akses pasar pada masing-masing alternatif lokasi berdasarkan cakupan pasar nasional, jumlah industri pengguna asam laktat, keberadaan kluster industri kimia, serta potensi industri lokal.

Tabel 1. 11 Perbandingan Akses Pasar Nasional

Kriteria	Pasuruan	Lampung	Takalar
Pasar Utama			
Coverage Nasional	60%	45%	15%
Industri Pengguna	318 perusahaan	88 perusahaan	44 perusahaan
Skor Pasar	100	65	35
Kluster Industri			
Jumlah Industri Kimia	420+	180+	65+
Jarak Kluster	5-15 km	25-40 km	40-55 km
Skor Kluster	100	75	50
Potensi Lokal			
Total Industri F&B	185 pabrik	68 pabrik	32 pabrik
Industri Farmasi	45 pabrik	12 pabrik	8 pabrik
Skor Lokal	100	60	40
Total Skor	100	68	42
Nilai Akhir ($\times 12\%$)	12,0	8,2	5,0

Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai tertinggi sebesar 12,0 karena berada di kawasan industri Jawa Timur yang menjadi salah satu pusat industri kimia, pangan, dan farmasi di Indonesia. Lokasi tersebut memiliki akses terhadap sekitar 60% pasar nasional sehingga memberikan peluang pemasaran yang lebih luas.

Provinsi Lampung memperoleh nilai 8,2 karena memiliki posisi strategis sebagai penghubung antara Pulau Sumatera dan Pulau Jawa, sehingga masih memiliki potensi yang baik dalam mendukung distribusi produk.

Kabupaten Takalar memperoleh nilai 5,0 karena jumlah industri pengguna asam laktat relatif lebih sedikit dan cakupan pasarnya masih terbatas pada kawasan Indonesia bagian timur.

1.3.2.5. Infrastruktur Transportasi (Bobot 8%)

Infrastruktur transportasi berperan penting dalam mendukung kelancaran distribusi bahan baku maupun produk jadi. Kondisi infrastruktur yang memadai dapat meningkatkan efisiensi logistik serta menurunkan biaya transportasi.

Tabel 1.12 menyajikan perbandingan infrastruktur transportasi pada masing-masing alternatif lokasi berdasarkan akses jalan tol, pelabuhan, dan jaringan kereta api barang.

Tabel 1. 12 Perbandingan Infrastruktur Transportasi

Kriteria	Pasuruan	Lampung	Takalar
Jalan & Tol			
Akses Tol	5 km	20 km	Tidak ada
Kualitas Jalan	4 lajur	2-4 lajur	2 lajur
Skor Jalan	100	75	50
Pelabuhan			
Jarak	15 km	140 km	50 km
Kapasitas	9.500 ton/hari	4.200 ton/hari	3.800 ton/hari
Frekuensi Kapal	85/minggu	28/minggu	35/minggu
Skor Pelabuhan	100	60	70
Kereta Api			
Akses KA Barang	3 km	40 km	Tidak ada
Skor KA	100	70	0
Total Skor	100	68	48
Nilai Akhir ($\times 8\%$)	8,0	5,4	3,8

Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai tertinggi sebesar 8,0 karena memiliki akses jalan tol yang dekat, pelabuhan dengan kapasitas angkut yang besar, serta jaringan kereta api barang yang berada di sekitar kawasan industri.

Provinsi Lampung memperoleh nilai 5,4 karena masih memiliki akses transportasi yang cukup baik, meskipun jarak menuju pelabuhan lebih jauh dibandingkan Kabupaten Pasuruan.

Kabupaten Takalar memperoleh nilai 3,8 karena belum memiliki akses jalan tol maupun jaringan kereta api barang sehingga distribusi logistik lebih bergantung pada transportasi darat.

1.3.2.6. Pengelolaan Limbah (Bobot 5%)

Ketersediaan fasilitas pengelolaan limbah menjadi salah satu aspek yang dipertimbangkan dalam pemilihan lokasi pabrik karena berkaitan dengan pemenuhan peraturan lingkungan serta keberlanjutan operasional pabrik.

Tabel 1.13 menyajikan perbandingan fasilitas pengelolaan limbah berdasarkan keberadaan tempat pemrosesan akhir (TPA), instalasi pengolahan air limbah (IPAL), serta kapasitas pengolahan limbah pada masing-masing alternatif lokasi.

Tabel 1. 13 Perbandingan Fasilitas Pengelolaan Limbah

Kriteria	Pasuruan	Lampung	Takalar
TPA			
Jarak	25 km	50 km	15 km
Status	Terpadu	Regional	Lokal
Skor TPA	85	70	95
IPAL Industri			
Jarak	30 km	140 km	50 km
Available Capacity	40.000 m ³ /hari	8.100 m ³ /hari	9.500 m ³ /hari
Skor IPAL	90	60	80
Total Skor	88	65	88
Nilai Akhir (×5%)	4,4	3,3	4,4

Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai akhir 4,4 karena memiliki fasilitas IPAL industri dengan kapasitas yang besar serta lokasi yang relatif dekat dari kawasan industri.

Provinsi Lampung memperoleh nilai 3,3 karena lokasi IPAL industri berada pada jarak yang cukup jauh sehingga berpotensi meningkatkan biaya pengelolaan limbah.

Kabupaten Takalar juga memperoleh nilai 4,4 karena memiliki lokasi TPA yang lebih dekat, meskipun kapasitas fasilitas pengolahan limbah masih lebih rendah dibandingkan Kabupaten Pasuruan.

1.3.2.7. Rekapitulasi Hasil Penilaian Lokasi

Berdasarkan hasil penilaian seluruh kriteria, dilakukan rekapitulasi skor untuk menentukan alternatif lokasi yang paling sesuai sebagai lokasi pendirian pabrik asam laktat. Hasil pembobotan tersebut disajikan pada Tabel 1.14.

Tabel 1. 14 Rekapitulasi Hasil Penilaian Lokasi

Lokasi	Bahan Baku (35%)	Air (25%)	Utilitas (15%)	Pasar (12%)	Transportasi (8%)	Limbah (5%)	Total
Pasuruan	35,0	22,3	15,0	12,0	8,0	4,4	96,7
Lampung	28,7	24,5	11,3	8,2	5,4	3,3	81,4
Takalar	21,0	16,5	9,8	5,0	3,8	4,4	60,5

Berdasarkan hasil pembobotan pada Tabel 1.14, Kabupaten Pasuruan memperoleh nilai total tertinggi sebesar 96,7, diikuti oleh Provinsi Lampung sebesar 81,4, dan Kabupaten Takalar sebesar 60,5. Hasil tersebut menunjukkan bahwa Kabupaten Pasuruan merupakan alternatif lokasi yang paling layak untuk pendirian pabrik asam laktat berbahan baku molase.

Keunggulan Kabupaten Pasuruan didukung oleh ketersediaan bahan baku yang melimpah, utilitas pendukung yang lengkap, infrastruktur transportasi yang memadai, serta kedekatan dengan kawasan industri dan pasar utama nasional. Meskipun Provinsi Lampung memiliki keunggulan pada aspek ketersediaan air, secara keseluruhan Kabupaten Pasuruan memberikan kombinasi aspek teknis, ekonomi, dan logistik yang lebih baik. Oleh karena itu, Kabupaten Pasuruan dipilih sebagai lokasi pendirian pabrik karena dinilai mampu menjamin kontinuitas produksi, meningkatkan efisiensi operasional, serta mendukung pengembangan industri dalam jangka panjang.

1.3.3. Faktor Primer

1.3.3.1. Penyedia Bahan Baku

Ketersediaan bahan baku dan kontinuitas keberadaannya merupakan kebutuhan utama untuk dapat beroperasi atau tidaknya 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. Total produksi molase di wilayah Pasuruan mencapai 85.000 ton per tahun, yang berarti terdapat surplus sebesar 71.367 ton atau 523% dari 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).

Jarak rata-rata dari lokasi pabrik ke pabrik-pabrik gula di kawasan Pasuruan hanya sekitar 15 kilometer, yang merupakan jarak terdekat dibandingkan alternatif lokasi lainnya, sehingga biaya transportasi molase dapat diminimalkan secara signifikan. Terdapat 3 pabrik gula dalam radius 30 kilometer yang memberikan diversifikasi sumber pasokan dan mengurangi risiko ketergantungan pada satu pemasok tunggal.

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.

Pemilihan lokasi di Pasuruan dapat mempermudah pemasaran karena memiliki coverage pasar nasional mencapai 60%, yang berarti pabrik dapat melayani enam puluh persen dari total pasar asam laktat Indonesia dengan biaya distribusi yang ekonomis. Asam laktat memiliki aplikasi yang sangat luas dalam berbagai industri. Dalam 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 alternatif pengganti plastik konvensional berbasis minyak bumi (Narayan, 2004).

Jumlah industri pengguna potensial di wilayah jangkauan mencapai 318 perusahaan yang mencakup berbagai sektor industri. Di wilayah Jawa Timur terdapat 185 pabrik industri makanan dan minuman serta 45 pabrik industri farmasi yang dapat dilayani dengan biaya distribusi sangat rendah. Keberadaan kluster industri kimia dengan lebih dari 420 perusahaan dalam jarak 5-15 kilometer menciptakan sinergi bisnis dan memudahkan penetrasi pasar.

Pemasaran melalui jalur darat di Pulau Jawa dapat menggunakan jaringan jalan tol yang aksesnya hanya 5 km dari lokasi pabrik, sedangkan pemasaran ke luar Pulau Jawa dapat menggunakan Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang berjarak 15 km dengan kapasitas 9.500

ton/hari dan frekuensi kapal 85 kali per minggu.

1.3.3.3.Utilitas

Kawasan Pasuruan merupakan kawasan industri sehingga kebutuhan utilitas dan infrastrukturnya telah memadai dan sesuai dengan kebutuhan industri. Kebutuhan air untuk pabrik asam laktat sangat besar dan dari total air input akan teruapkan selama proses terutama pada tahap evaporasi dan konsentrasi larutan.

Kebutuhan air ini dapat diperoleh dari Sungai Brantas dan sungai-sungai lain di wilayah Pasuruan yang memiliki total debit tersedia 12,7 m³/detik atau 45.720 m³/jam. Jarak ke sumber air utama hanya 2 kilometer sehingga biaya pembangunan sistem intake dan pemipaan air baku dapat diminimalkan. Terdapat 3 sungai yang dapat digunakan sebagai sumber backup jika sumber utama mengalami masalah.

Kebutuhan listrik diperoleh dari jaringan PLN dengan kapasitas tersedia di wilayah Pasuruan mencapai 85.000 kW. Jarak ke Gardu Induk (GI) hanya 8 kilometer dengan keberadaan 3 unit GI dalam radius 30 kilometer yang memberikan redundansi dan keandalan pasokan listrik sangat baik.

Kebutuhan asam sulfat (H₂SO₄) untuk proses pengasaman dapat dipenuhi dari pemasok yang berjarak 35 kilometer. 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 dalam jarak 40 kilometer memberikan peluang menjual limbah kalsium sulfat (CaSO₄) atau gipsum 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. Terdapat 12 unit biomassa plant dalam jarak rata-rata 18 kilometer dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan limbah organik dari proses fermentasi, sehingga meningkatkan operasional pabrik.

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. 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 signifikan terhadap operasional pabrik. Kondisi geologi wilayah relatif stabil dengan jenis tanah yang cocok untuk pembangunan infrastruktur industri. Suhu rata-rata berkisar 26-32°C yang sesuai untuk operasional pabrik asam laktat yang 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 (delapan ribu tiga ratus tujuh puluh) hektare terdapat di seluruh kecamatan, sehingga tidak ada konflik dengan peruntukan lahan lainnya dalam PERMEN ATPR 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 jalan tol yang hanya berjarak 5 kilometer dari lokasi pabrik, dengan kualitas jalan sebagian besar memiliki 4 lajur yang dapat mengakomodasi volume lalu lintas tinggi termasuk truk-truk pengangkut bahan baku dan

produk. Akses kereta api untuk transportasi barang tersedia dengan jarak ke stasiun barang hanya 3 kilometer, yang memberikan alternatif transportasi yang ekonomis untuk distribusi produk dalam jumlah besar. Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya yang berjarak 15 kilometer dengan kapasitas 9.500 ton/hari memungkinkan distribusi produk ke berbagai wilayah di Indonesia melalui jalur laut. Bandara Internasional Juanda yang berjarak sekitar 30 kilometer 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 kilometer 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 Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) yang berjarak 30 kilometer dengan kapasitas tersedia 40.000 m³/hari sebelum dibuang ke badan air, sehingga memenuhi baku mutu air limbah yang ditetapkan dalam peraturan lingkungan. Limbah organik dari fermentasi dapat dimanfaatkan di biomassa plant yang berjumlah 12 unit dalam jarak rata-rata 18 kilometer untuk dikonversi menjadi biogas atau kompos. Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) regional terintegrasi tersedia dalam jarak 25 kilometer untuk pengelolaan limbah domestik dan limbah tidak berbahaya lainnya.

b. Biaya menangani polusi lingkungan

Biaya-biaya yang harus dipertimbangkan meliputi investasi untuk pembangunan IPAL in-house yang mampu mengolah limbah cair sesuai standar baku mutu, biaya operasional IPAL termasuk bahan kimia untuk koagulasi dan flokulasi serta energi untuk aerasi dan biaya pemeliharaan peralatan, biaya transportasi limbah ke fasilitas pengolahan eksternal atau pemanfaatan limbah ke industri lain seperti pabrik semen dan biomassa plant, biaya monitoring kualitas lingkungan secara berkala untuk memastikan kepatuhan terhadap regulasi lingkungan, serta investasi untuk sistem minimisasi limbah melalui optimasi proses dan recycle/reuse air proses untuk mengurangi volume limbah yang harus diolah.

Dengan mempertimbangkan seluruh faktor primer dan sekunder tersebut, lokasi Kabupaten Pasuruan memperoleh skor total 96,7 dari 100 dalam analisis pembobotan multi-kriteria, yang mengindikasikan bahwa lokasi ini sangat optimal untuk pendirian pabrik asam laktat dari molase. Keunggulan utama Pasuruan terletak pada kedekatan dengan sumber bahan baku molase yang melimpah, ketersediaan air yang memadai, infrastruktur utilitas yang lengkap, akses pasar yang luas, serta infrastruktur transportasi yang sangat baik.

1.4. Tinjauan Proses

1.4.1. Macam-macam Proses Pembuatan Asam Laktat

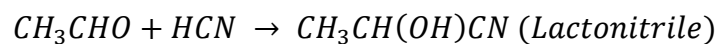
Asam laktat dapat diproduksi dengan dua metode utama, yaitu sintesis kimia dan fermentasi mikrobial (Komesu et al., 2017).

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:

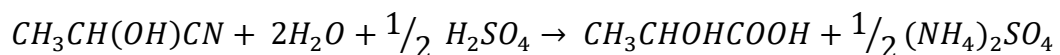
a. Pembentukan *Lactonitrile*

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



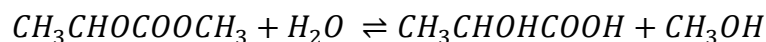
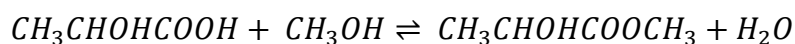
b. Hidrolisis menjadi Asam Laktat

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 CO_2 (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 disajikan pada Tabel 1.15.

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. 15 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 dengan proses sintesis kimia. Proses ini menggunakan bahan baku molase yang bersifat terbarukan dan

tersedia dalam jumlah melimpah di Indonesia sehingga lebih ekonomis dan mudah diperoleh. Selain itu, proses fermentasi berlangsung pada kondisi operasi yang relatif ringan, yaitu pada suhu sekitar 45°C dan tekanan atmosfer (1 atm), sehingga kebutuhan energi lebih rendah. Dari sisi kinerja proses, fermentasi dapat menghasilkan yield asam laktat yang tinggi, yaitu 94–96%, dengan pembentukan produk samping yang minimal.

Proses ini juga dapat menghasilkan asam laktat yang diperlukan sebagai bahan baku kosmetik. Maka dari itu, proses fermentasi homofermentatif lebih menguntungkan karena biaya produksi lebih rendah serta lebih ramah lingkungan.