

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan sektor industri merupakan upaya untuk meningkatkan kesejahteraan dan perekonomian nasional. Diharapkan pertumbuhan pada industri kimia mampu memacu peningkatan ekonomi nasional dan juga sektor industri lainnya. Tujuan dari pembangunan industri antara lain memenuhi kebutuhan domestik, membuka lapangan kerja, menaikkan pendapatan daerah, dan mempercepat transfer teknologi. Di samping itu, pengembangan industri juga bertujuan untuk memperkokoh struktur ekonomi nasional melalui hubungan antarsektor yang saling menunjang, memperkuat daya tahan ekonomi, serta memacu pertumbuhan sektor pembangunan lainnya.

Limbah agroindustri jeruk manis (*Citrus sinensis*) merupakan limbah yang dihasilkan dalam jumlah besar baik dari konsumsi buah segar maupun pengolahan produk olahan jeruk. Di Indonesia, pemanfaatan kulit jeruk masih sangat terbatas, umumnya hanya untuk bahan kompos atau dibuang begitu saja, sehingga belum memberikan tambahan nilai ekonomi yang berarti (Tahir et al., 2023). Menurut Negrea et al. (2025), limbah kulit jeruk diperkirakan mencapai sekitar 50% dari total berat buah jeruk. Padahal, limbah kulit buah jeruk menyimpan potensi besar untuk dikembangkan menjadi bahan baku yang memiliki nilai tambah.

Setiap tahun, produksi jeruk yang terus berlangsung menghasilkan limbah kulit buah dalam volume besar yang kerap hanya dibuang sebagai limbah perkebunan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik tahun 2023, produksi jeruk manis di Indonesia mencapai 2,8 juta ton, di mana 1,4 juta ton di antaranya merupakan kulit jeruk. Sementara itu, kulit jeruk manis mengandung pektin sekitar 14–24% (Rahmanda et al., 2021). Kandungan pektin pada kulit jeruk sangat ditentukan oleh tingkat kesegarannya; kulit yang telah lama dipetik atau mengalami kerusakan akan mengalami penurunan kadar pektin yang cukup drastis (Du et al., 2025).

Pektin merupakan salah satu komponen yang terdapat pada dinding sel tumbuhan, bersifat larut dalam air, dan terdiri dari rantai asam galakturonat yang umumnya teresterifikasi dengan gugus metoksil (Freitas et al., 2021). Senyawa ini sering digunakan sebagai bahan pengental dan pembentuk gel. Selain di sektor makanan, pektin juga memiliki banyak aplikasi dalam bidang kosmetik dan farmasi, seperti dalam pembuatan krim, sabun, dan minyak rambut. Hingga tahun 2025, seluruh kebutuhan pektin di Indonesia masih bergantung pada impor.

Dari pemaparan tersebut, pemanfaatan limbah kulit jeruk sebagai penghasil pektin diharapkan bisa mengurangi sampah perkebunan dan memenuhi permintaan pektin di dalam negeri. Membangun industri pektin berbasis sumber daya lokal merupakan langkah penting untuk menurunkan ketergantungan pada impor, mengurangi belanja devisa, dan memberikan nilai tambah pada limbah kulit jeruk. Selain itu, pembangunan pabrik pektin juga dapat menciptakan kesempatan kerja, memacu pertumbuhan ekonomi, serta memperkuat industri nasional yang berkelanjutan.

1.2 Kapasitas Rancangan

1.2.1 Prediksi Kebutuhan Pektin di Indonesia

Impor pektin masih menjadi satu-satunya sumber pemenuhan kebutuhan di Indonesia, mengingat belum ada pabrik domestik yang mampu memproduksinya dalam skala nasional. Melihat kenyataan tersebut, peluang untuk membangun pabrik pektin di Indonesia terbuka lebar. Berikut merupakan data ekspor, impor, produksi, dan konsumsi untuk periode lima tahun terakhir di Indonesia:

Tabel 1. 1 Data Ekspor, Impor, Produksi, dan Konsumsi Pektin di Indonesia
(Badan Pusat Statistik, 2025)

Tahun	Eksor (ton/tahun)	Impor (ton/tahun)	Produksi (ton/tahun)	Konsumsi (ton/tahun)
2021	561,75	455,04	0	106,71
2022	359,88	534,12	0	174,24
2023	351,29	467,15	0	115,86
2024	388,11	510,68	0	122,56
2025	345,14	439,69	0	94,56

1.2.2 Perhitungan Kapasitas Produksi

Pembangunan pabrik direncanakan akan dilakukan pada tahun 2030. Estimasi produksinya berlandaskan informasi mengenai impor dan ekspor dari tahun 2021 hingga 2025, sehingga kapasitas pabrik pektin pada tahun 2030 dapat dihitung menggunakan rumus metode yang didiskonto seperti berikut:

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

Dimana:

M = Jumlah produk pada akhir tahun perhitungan

P = Data besarnya impor dan ekspor pada tahun 2025

M1 = Nilai impor pada tahun 2030

M2 = Nilai produksi pabrik lama pada tahun 2030

M3 = Nilai produksi pabrik baru pada tahun 2030

M4 = Nilai ekspor pada tahun 2030

i = Rata-rata kenaikan impor setiap tahun

N = Selisih tahun 2025 dan tahun 2030 (5 tahun)

Kapasitas Metode *Discounted*

Sumber data yang dipakai meliputi, nilai konsumsi diperoleh dari selisih antara data impor pektin dan data ekspor pektin, sementara data produksi tidak tersedia karena hingga saat ini belum ada pabrik pektin yang beroperasi di Indonesia. Berdasarkan Tabel 1.1, terlihat peningkatan ekspor, impor, maupun konsumsi setiap tahunnya, yang kemudian dapat digunakan untuk menghitung proyeksi kapasitas pada tahun pendirian pabrik.

Tabel 1. 2 Pertumbuhan Data Ekspor Pektin

Data Ekspor Pektin		
Tahun	Jumlah (ton/tahun)	%Pertumbuhan
2020	126,4075	-39,28670919
2021	561,7476	344,3942013
2022	359,88282	-35,93513884
2023	351,29416	-2,3865157
2024	388,11252	10,4807777
2025	345,13	-11,07475739
Total Pertumbuhan		266,1918579
i		0,462111025

Tabel 1. 3 Pertumbuhan Data Impor Pektin

Data Impor Pektin		
Tahun	Jumlah (ton/tahun)	%Pertumbuhan
2020	369,361	-30,65166902
2021	455,035	23,19519386
2022	534,124	17,38086081
2023	467,152	-12,53866143
2024	510,676	9,316881871
2025	439,69101	-13,90020091
Total Pertumbuhan		6,702606089
i		-0,010282278

Tabel 1. 4 Pertumbuhan Data Konsumsi Pektin

Data Konsumsi Pektin		
Tahun	Jumlah (ton/tahun)	%Pertumbuhan
2020	242,9535	-25,10981373
2021	-106,7126	-143,9230552
2022	174,24118	-263,2807935
2023	115,85784	-33,50719962
2024	122,56348	5,787817208
2025	94,56101	-22,84731961
Total Pertumbuhan		-460,0330448
i		-0,766721741

Neraca Massa Peluang Kapasitas:

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

Dimana:

M1 = Nilai impor

M2 = Nilai produksi

M3 = Nilai perkiraan kapasitas

M4 = Nilai ekspor

M5 = Nilai konsumsi

a) Perkiraan Nilai Konsumsi (M5) pada tahun 2030

$$M5 = 94,56101 \times (1 + (-0,766721741))^5$$

$$M5 = 0,65325603 \text{ ton/tahun}$$

b) Perkiraan Nilai Produksi (M2) pada tahun 2030

$$M2 = 0 \text{ ton/tahun (pabrik tidak tersedia di Indonesia)}$$

c) Menghitung Nilai Ekspor (M4) pada tahun 2030

$$M4 = 345,13 \times (1 + 0,462111025)^5$$

$$M4 = 2.306,133644 \text{ ton/tahun}$$

d) Menghitung Nilai Impor (M1) pada tahun 2030

$$M1 = 439,69101 \times (1 + (-0,010282278))^5$$

$$M1 = 417,5459924 \text{ ton/tahun}$$

e) Menghitung Peluang Kapasitas berdasarkan Prediksi Data Ekspor dan Impor pada tahun 2030 (M3)

$$M1 + M2 + M3 = M4 + M5$$

$$M3 = (M4 + M5) - (M1 + M2)$$

$$M3 = (2.306,133644 + 0,65325603) - (417,5459924 + 0)$$

$$M3 = 1.888,652977 \text{ ton/tahun}$$

f) Menghitung Kapasitas Produksi pada tahun 2030

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1,5 \times \text{peluang kapasitas}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 1,5 \times 1.888,652977 \text{ ton/tahun}$$

$$\text{Kapasitas Produksi} = 2.832,979465 \text{ ton/tahun} \approx 3.000 \text{ ton/tahun}$$

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa peluang kebutuhan pada tahun 2030 adalah 1.888,652977 ton per tahun. Maka dari itu, kapasitas produksi pektin yang ditetapkan untuk tahun 2030 adalah 3.000 ton/tahun. Selanjutnya, pemenuhan kapasitas dapat dihitung dengan prosedur di bawah ini:

$$\text{Pemenuhan kapasitas} = \text{Rancangan kapasitas/proyeksi kebutuhan}$$

$$= 3.000/417,5459924$$

$$= 7,19 \%$$

Dengan demikian, kapasitas pabrik pektin senilai 3.000 Ton/Tahun mampu memenuhi proyeksi kebutuhan di 2030 sebanyak 7,19%.

1.3 Penentuan Lokasi Pabrik

Keberhasilan operasional dan keberlanjutan suatu industri sangat ditentukan oleh letak geografis pabrik yang menjadi faktor penting di dalamnya. Dalam konteks produksi pektin, pabrik ini termasuk jenis *weight loss* karena bobot produk akhir lebih ringan dibandingkan bahan bakunya. Karena itu, lokasi yang ideal bagi pabrik semacam ini adalah dekat dengan sumber bahan baku agar biaya angkut bahan baku dapat ditekan. Berbagai aspek strategis perlu dipertimbangkan dalam menentukan lokasi pabrik, seperti ketersediaan bahan baku, akses ke pasar, ketersediaan utilitas, kondisi lokasi, kemudahan transportasi, pasokan tenaga kerja, upah minimum kabupaten (UMK), serta lahan kosong untuk pengembangan ke depan. Berdasarkan hal-hal tersebut, rencana pendirian pabrik pektin dipilih di Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur, dengan memerhatikan berbagai faktor pendukung yang relevan.

1.3.1 Bahan Baku

Sumber utama untuk memproduksi pektin adalah kulit jeruk segar yang diperoleh dari komoditas jeruk yang dibudidayakan di wilayah Jawa Timur, khususnya

dari perkebunan jeruk di Banyuwangi. Daerah ini dikenal sebagai salah satu sentra produksi jeruk siam (*Citrus sp.*), yakni jenis jeruk manis yang mendominasi kawasan tersebut, dengan hasil panen yang cenderung mengalami peningkatan dalam beberapa tahun belakangan. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), produksi jeruk siam di Kabupaten Banyuwangi pada tahun 2024 mencapai sekitar 18.848,50 ton, sementara di Kecamatan Purwoharjo sendiri tercatat sebesar 4.803,20 ton. Adapun total produksi jeruk siam di Jawa Timur pada tahun 2023 menurut BPS mencapai 140.641,49 ton. Angka-angka ini menunjukkan bahwa ketersediaan limbah kulit jeruk sebagai bahan baku pektin sangat melimpah dan berkelanjutan.

Sementara itu, asam sitrat yang berfungsi sebagai bahan kimia pelarut dapat dibeli secara komersial dari sektor pemasok bahan kimia industri yang berada di Kota Surabaya, misalnya PT. Bumi Prima Lestari, CV. Mitra Usaha Mandiri, PT. Aroma Sakti Chemindo, dan CV. Cahaya Semesta. Pengiriman jalur darat untuk bahan pelarut dengan menggunakan truk kontainer dari Surabaya ke lokasi pabrik produksi pektin di Kabupaten Banyuwangi, yang memiliki akses infrastruktur logistik yang memadai. Dengan demikian, ketersediaan bahan pelarut dapat terjamin tepat waktu dan efisien.

1.3.2 Target Pasar

Rencana pendirian pabrik pektin di Kecamatan Purwoharjo, Kabupaten Banyuwangi, akan menghasilkan produk pektin dari ekstraksi kulit jeruk yang dipasarkan ke seluruh Indonesia serta berorientasi ekspor. Pemasaran dilakukan melalui jaringan distribusi bahan baku untuk industri makanan dan minuman. Dalam sektor pangan, pektin berfungsi sebagai bahan tambahan yang bersifat fungsional, yaitu sebagai *gelling agent*, pengental, dan penstabil, terutama pada produk selai, jeli, buah kemasan, minuman olahan, serta yoghurt. Keberadaan pektin membantu memperbaiki tekstur dan stabilitas produk tersebut. Tak hanya itu, pektin juga dimanfaatkan dalam industri farmasi, khususnya pada pembuatan obat diare, sebagai agen pengental dan pembentuk gel.

Target pemasaran pektin yang dihasilkan adalah sebagai bahan baku input bagi perusahaan industri makanan besar dan menengah di Indonesia. Contohnya mencakup produsen olahan susu dan yoghurt seperti PT Greenfields Indonesia yang memproduksi yoghurt dan minuman susu fermentasi, serta produsen confectionery dan snack seperti PT Yupi Indo yang memproduksi permen jelly dan gummies, di mana pektin berperan penting dalam pembentukan gel dan tekstur akhir produk. Informasi

lebih rinci tentang perusahaan-perusahaan yang akan menjadi tujuan pengiriman produk pektin disajikan pada Tabel 1.5 berikut.

Tabel 1. 5 Target pengiriman produk pektin di Indonesia

No.	Perusahaan	Lokasi	Produk	Pengiriman
1.	PT Cisarua Mountain Dairy Tbk	Bogor, Jawa Barat	Yogurt cimory	Jalur darat
2.	PT Mengniu Dairy Indonesia	Cikarang, Jawa Barat	Yogurt drink YoyiC	Jalur darat
3.	PT Kineta Karya Utama (KIN)	Tangerang, Banten	Yogurt	Jalur darat
4.	PT Lautan Natural Krimerindo	Surabaya, Jawa Timur	Minuman krimer	Jalur darat
5.	PT Sarana Mitra Inti Global	Jakarta	Selai buah	Jalur darat
6.	PT Astaguna Wisesa	Bekasi, Jawa Barat	Minuman jelly	Jalur darat
7.	PT Welco	Semarang, Jawa Tengah	Produk jelly	Jalur darat
8.	PT Kalbe Farma Tbk	Jakarta	Obat diare	Jalur darat
9.	PT Soho Industri Farmasi	Jakarta	Obat diare	Jalur darat
10.	PT Tempo Scan Pacific Tbk	Jakarta	Obat diare	Jalur darat
11.	PT Kimia Farma Tbk	Jakarta	Obat diare	Jalur darat

1.3.3 Akseibilitas dengan Sumber Air dan Utilitas

Air bersih menjadi salah satu penentu utama kelancaran operasional pabrik pektin, karena proses produksinya membutuhkan volume air yang besar untuk kegiatan seperti ekstraksi, pencucian bahan baku, pembersihan peralatan, dan sanitasi pekerja. Di Kecamatan Purwoharjo, layanan air bersih disediakan oleh PDAM Kabupaten Banyuwangi yang kapasitas produksinya dinilai cukup untuk mendukung kebutuhan sektor industri. PDAM setempat mengelola beberapa instalasi pengolahan air (IPA) dengan total kapasitas produksi dari berbagai sumber mencapai sekitar 469 liter per detik, yang dialokasikan untuk seluruh wilayah Kabupaten Banyuwangi.

Selain itu, sumber air juga tersedia dari Teluk PangPang yang bermuara langsung ke Samudera Hindia.

Kabupaten Banyuwangi dilayani oleh PT PLN (Persero) dengan jaringan distribusi yang sudah berkembang dengan baik. Sistem kelistrikan di Banyuwangi dalam kondisi aman dan andal, dengan daya mampu mencapai 292 MW dan beban puncak 175 MW, menghasilkan cadangan daya sebesar 117 MW. Wilayah ini terhubung ke sistem kelistrikan Jawa-Bali, dengan infrastruktur yang sedang diperkuat melalui pembangunan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) 500 kV di Kalipuro. Menurut BPS (2021), produksi listrik PLN di Kabupaten Banyuwangi sebesar 1.188.380.185 KWh sangat memadai dengan pasokan dari beberapa gardu induk termasuk Gardu Induk Kalipuro dan Gardu Induk Genteng yang melayani wilayah Banyuwangi dan sekitarnya.

1.3.4 Karakteristik Lokasi, Iklim, dan Potensi Bencana

Kecamatan Purwoharjo yang berada di Kabupaten Banyuwangi, Provinsi Jawa Timur, terletak pada koordinat $8^{\circ}30'09''\text{LS}$ $114^{\circ}13'17''\text{BT}$, dengan luas daerah mencapai 78,37 km² yang terdiri dari 8 desa. Wilayah ini berada di daerah rendah dengan elevasi kurang dari 100 meter di atas permukaan laut dan memiliki kemiringan yang relatif datar, di mana kecamatan ini termasuk dalam kawasan yang tidak memiliki kemiringan lahan lebih dari 40%. Kecamatan Purwoharjo juga termasuk kawasan pesisir yang berbatasan langsung dengan Samudra Hindia di selatan, dan dilintasi oleh Sungai Setail sepanjang kurang lebih 6,3 km yang merupakan salah satu sungai terpanjang di Kabupaten Banyuwangi. Secara geografis, lokasi dataran rendah dan pesisir ini menawarkan ketersediaan lahan yang relatif luas dan aksesibilitas yang baik terhadap jaringan transportasi, sehingga potensial untuk pengembangan kawasan industri pengolahan seperti pabrik pektin.

Kecamatan Purwoharjo terletak di area dataran rendah Kabupaten Banyuwangi yang memiliki cuaca tropis dengan temperatur rata-rata antara 20–34°C sepanjang tahun. Daerah ini mengalami dua musim utama yaitu musim hujan dan musim kering; musim hujan berlangsung secara signifikan dari bulan November sampai Maret dengan curah hujan tertinggi pada bulan Januari yang dapat mencapai sekitar ± 468 mm, sedangkan musim kering berlangsung dari bulan April hingga Oktober dengan curah hujan paling rendah pada bulan Agustus sekitar ± 44 mm. Berdasarkan data Statistik Daerah Kabupaten Banyuwangi 2024 yang bersumber dari BMKG, variasi curah hujan bulanan di Kabupaten Banyuwangi pada tahun 2023 berkisar antara 6,6–

397,6 mm/bulan, menunjukkan fluktuasi yang cukup signifikan antar musim. Kondisi iklim seperti ini perlu dipertimbangkan dalam perencanaan operasional pabrik pektin, terutama menyangkut pengelolaan stok bahan baku jeruk manis dan sistem pengelolaan air di lingkungan industri.

Berdasarkan Kajian Risiko Bencana (KRB) yang disusun oleh Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD) Kabupaten Banyuwangi serta data profil desa tahun 2024 dari platform Satu Data Indonesia Desa/Kelurahan Cinta Statistik (SIADEK CANTIK), Kecamatan Purwoharjo teridentifikasi memiliki potensi risiko banjir di Kecamatan Purwoharjo tergolong sedang hingga tinggi, mengingat wilayah ini berada di dataran rendah dan dilintasi Sungai Setail yang berpotensi meluap saat intensitas hujan tinggi; kejadian banjir telah tercatat di Desa Glagahagung pada Januari 2025 yang menggenangi jalur utama desa. Risiko letusan gunung api di wilayah ini tergolong rendah, mengingat Kecamatan Purwoharjo berada di jarak yang cukup jauh dari kawah aktif Gunung Raung (3.344 mdpl) dan Gunung Ijen; BPBD Banyuwangi menetapkan empat kecamatan sebagai zona pantauan intensif untuk erupsi Gunung Raung yaitu Kalibaru, Glenmore, Sempu, dan Songgon, sehingga Purwoharjo berada di luar radius pantauan prioritas, namun tetap perlu diperhatikan mengingat DAS Setail berhulu di kawasan Pegunungan Ijen. Risiko abrasi dan gelombang ekstrem tergolong sedang mengingat posisi Kecamatan Purwoharjo sebagai kawasan pesisir yang berbatasan dengan Samudra Hindia. Risiko angin putting beliung di Kabupaten Banyuwangi tergolong sedang, berdasarkan catatan BNPB yang mencatat sebanyak 32 kejadian angin putting beliung di Kabupaten Banyuwangi sepanjang periode 2011–2021. Risiko kekeringan di Kecamatan Purwoharjo tergolong rendah mengingat lokasi yang masih memperoleh curah hujan yang cukup sepanjang tahun dan keberadaan Sungai Setail yang mengalir secara konsisten.

1.3.5 Aksesibilitas Transportasi dan Fasilitas Umum

Kecamatan Purwoharjo memiliki aksesibilitas transportasi darat yang sangat baik dengan akses langsung ke jalan provinsi yang menghubungkan ke jalur utama Kabupaten Banyuwangi. Lokasi pabrik di area Pasar Jatirejo, Purwoharjo berada pada posisi strategis di jalur distribusi regional dengan jarak sekitar 25-30 km dari pusat Kota Banyuwangi yang dapat ditempuh dalam waktu 35-40 menit perjalanan. Untuk akses ke jalan tol terdekat, Jalan Tol Probolinggo-Banyuwangi (Probowangi) yang saat ini sedang dalam tahap penyelesaian dan ditargetkan beroperasi penuh pada akhir tahun 2025 hingga awal 2026, akan sangat meningkatkan konektivitas Purwoharjo.

Setelah tol ini beroperasi, waktu tempuh dari Surabaya ke Banyuwangi dapat dipangkas dari 7-8 jam menjadi hanya 3-4 jam dengan kecepatan rencana 80-120 km/jam. Jarak dari Purwoharjo ke exit tol terdekat di Banyuwangi (setelah tol beroperasi penuh) diperkirakan sekitar 30-35 km atau 40-45 menit perjalanan. Kondisi jalan di kawasan Purwoharjo sangat baik dengan lebar jalan utama mencapai 6-8 meter yang memungkinkan akses kendaraan berat seperti truk pengangkut bahan baku kulit jeruk dan distribusi produk pektin. Akses ini sangat strategis untuk pengambilan bahan baku dari sentra-sentra perkebunan jeruk di Banyuwangi dan sekitarnya, serta untuk distribusi produk ke industri makanan dan minuman di Jawa Timur dan Jawa Tengah.

Untuk akses udara, Bandar Udara Internasional Banyuwangi (dahulu Bandara Blimbingsari) berlokasi di Desa Blimbingsari, Kecamatan Blimbingsari, sekitar 17 km dari pusat Kota Banyuwangi. Dari Kecamatan Purwoharjo, jaraknya sekitar 40–45 km dengan waktu tempuh 50–60 menit. Landasan pacu bandara ini berukuran 2.500 m x 45 m, mampu didarati pesawat narrow-body seperti Boeing 737 dan Airbus A320, serta memiliki kapasitas terminal 2 juta penumpang per tahun. Sebagai bandara domestik, bandara ini melayani penerbangan rutin ke Jakarta (1,5 jam) dan Surabaya (40 menit), sehingga sangat mendukung pengiriman cepat produk pektin premium atau sampel dalam jumlah kecil. Sementara itu, untuk pengiriman kargo berskala besar dan keperluan internasional, dapat digunakan Bandara Internasional Juanda Surabaya yang berjarak sekitar 208 km (dapat ditempuh 2,6 jam; setelah tol Probawangi beroperasi, waktu tempuh menjadi sekitar 3–4 jam). Bandara Juanda memiliki fasilitas kargo yang sangat lengkap untuk ekspor-impor, mendukung distribusi pektin ke pasar global maupun impor bahan kimia produksi.

Distribusi produk dan pengadaan bahan kimia impor dapat mengandalkan akses transportasi laut melalui dua pelabuhan utama. Pelabuhan pertama adalah Ketapang yang terletak di Desa Ketapang, Kecamatan Kalipuro. Lokasinya sangat dekat, hanya 5-10 km dari pusat Kota Banyuwangi, dan sekitar 30-35 km atau 40-50 menit perjalanan dari Kecamatan Purwoharjo. Dikelola oleh PT ASDP Persero, Pelabuhan Ketapang merupakan salah satu pelabuhan tersibuk di Indonesia dengan layanan utama penyeberangan ferry ke Bali, namun juga menyediakan fasilitas untuk kargo dan logistik. Posisi ini membuatnya sangat strategis untuk menyalurkan produk pektin ke wilayah Bali dan Nusa Tenggara. Adapun untuk kargo laut dalam skala besar, ekspor, dan impor bahan baku kimia, Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dapat dimanfaatkan. Sebagai pelabuhan internasional utama di Jawa Timur, Tanjung Perak

memiliki fasilitas peti kemas yang sangat lengkap. Jarak dari Purwoharjo sekitar 220 km dengan waktu tempuh 3-3,5 jam melalui jalan provinsi, dan setelah tol Probowangi beroperasi penuh, waktu perjalanan dapat dipangkas menjadi sekitar 3,5-4 jam via tol. Pelabuhan Tanjung Perak sangat strategis untuk mendukung ekspor pektin ke pasar dunia maupun impor bahan kimia seperti asam sitrat, kalsium klorida, dan bahan pembantu lainnya yang dibutuhkan dalam proses produksi pektin.

Ketersediaan fasilitas umum untuk mendukung operasional pabrik di Kecamatan Purwoharjo tergolong sangat baik. Dari sisi kelistrikan, PLN menyediakan layanan dengan kapasitas yang terus ditingkatkan, seperti penambahan kuota pasokan hingga 400 ribu watt di Banyuwangi melalui program Java Bali Connection (JBC). Selain itu, PLN Indonesia Power juga sedang membangun PLTS berkapasitas 100 MW yang direncanakan beroperasi pada 2026. Bagi industri skala menengah seperti pabrik pektin, tersedia golongan tarif I-3 tegangan menengah (di atas 200 kVA) yang sangat cocok untuk keperluan operasional. Kebutuhan air bersih dapat dipenuhi dari PDAM Kabupaten Banyuwangi yang memiliki kapasitas 469 liter/detik dengan berbagai sumber air seperti Sumber Gedor (112 liter/detik) dan Sumber Pawon (40 liter/detik), ditambah dengan opsi penggunaan sumur dalam sebagai cadangan. Infrastruktur telekomunikasi sangat baik dengan tersedianya akses internet fiber optik dari berbagai provider (Telkom IndiHome, Biznet, MyRepublic) dan jaringan seluler 4G/5G dari semua operator utama yang mendukung sistem informasi dan komunikasi perusahaan. Layanan perbankan mudah diakses dengan keberadaan bank-bank besar seperti Bank BNI KCU di Jl. Brigjend Katamso No.46 Wikipedia dan Bank BRI KC di Jl. Jend A. Yani No.12 Banyuwangi dalam jarak 25-30 km dari Purwoharjo, serta cabang-cabang bank di Kecamatan Genteng yang lebih dekat untuk transaksi operasional sehari-hari. Untuk fasilitas kesehatan karyawan, terdapat beberapa rumah sakit seperti RS Yasmin Banyuwangi (rating 4,7/5, 24 jam), RSI Fatimah Banyuwangi, dan RSUD Blambangan yang merupakan rumah sakit kelas B dengan akreditasi paripurna dalam radius 25-30 km, serta pos pemadam kebakaran di Kota Banyuwangi yang dapat memberikan respons dalam situasi darurat, dilengkapi dengan rekomendasi sistem proteksi kebakaran internal dan tim tanggap darurat perusahaan.

1.3.6 Ketersediaan Tenaga Kerja

Populasi di Kabupaten Banyuwangi sebesar 1,79 juta jiwa dengan tingkat partisipasi angkatan kerja yang cukup tinggi. Berdasarkan data BPS Kabupaten Banyuwangi, jumlah penduduk yang bekerja tercatat sebanyak 1,01 juta pekerja pada

tahun 2024, dengan Tingkat Pengangguran Terbuka (TPT) yang berhasil turun dari 4,75 persen pada tahun 2023 menjadi 4,03 persen pada tahun 2024, menunjukkan bahwa terdapat basis tenaga kerja yang besar dan aktif dalam pasar kerja. Ketersediaan tenaga kerja tingkat SMA/SMK di Kabupaten Banyuwangi sangat memadai dengan puluhan sekolah menengah yang tersebar di 25 kecamatan, menghasilkan estimasi lulusan sebanyak 8.000-10.000 siswa per tahun dari berbagai jurusan teknik. Untuk kebutuhan tenaga kerja teknisi dan profesional, Kabupaten Banyuwangi dan wilayah sekitarnya memiliki beberapa perguruan tinggi berkualitas seperti Politeknik Negeri Banyuwangi (Poliwangi) dengan 18 program studi vokasi termasuk Teknik Sipil, Teknik Mesin, dan Bisnis Informatika, Universitas Jember (UNEJ) dengan Fakultas Teknik yang menawarkan program Teknik Mesin, Teknik Elektro, dan Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Jember (UNMUHJEMBER), serta Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya yang dapat diakses dalam jarak 250 km. Pemerintah Kabupaten Banyuwangi juga menyediakan platform ketenagakerjaan digital Gokerwangi (Golek Kerjo Banyuwangi) yang dapat diakses melalui goker.banyuwangikab.go.id untuk memudahkan industri dalam merekrut tenaga kerja lokal yang terdata secara resmi.

1.3.7 Kebijakan Pemerintah dan Upah Minimum Kabupaten (UMK)

Pemerintah Kabupaten Banyuwangi menunjukkan dedikasi yang tinggi dalam membangun suasana investasi yang menguntungkan melalui berbagai kebijakan terkait ketenagakerjaan dan pengupahan yang jelas dan bisa diukur. Upah Minimum Kabupaten (UMK) Banyuwangi untuk tahun 2025 ditentukan sebesar Rp 2.810.139, mengalami kenaikan sebesar 6,5% dari tahun 2024 yang sebesar Rp 2.638.628, sebagaimana diatur dalam Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 100.3.3.1/775/KPTS/013/2024 mengenai Upah Minimum Kabupaten/Kota di Jawa Timur untuk tahun 2025. Untuk tahun 2026, UMK Banyuwangi telah ditetapkan sebesar Rp 2.989.145 berdasarkan Keputusan Gubernur Jawa Timur Nomor 100.3.3.1/937/013/2025 yang ditandatangani oleh Gubernur Jawa Timur, Khofifah Indar Parawansa, dan mulai berlaku pada 1 Januari 2026.

Penetapan Upah Minimum Kota (UMK) ini mengacu pada ketentuan yang ada di tingkat nasional yaitu Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 49 Tahun 2025 yang merupakan Perubahan Kedua dari Peraturan Pemerintah Nomor 36 Tahun 2021 mengenai Pengupahan, yang diresmikan pada 16 Desember 2025 dan menjadi dasar hukum baru dalam pengaturan gaji karyawan dan buruh di Indonesia. PP Nomor 49

Tahun 2025 menekankan bahwa gaji minimum hanya diterapkan untuk karyawan yang memiliki masa kerja kurang dari satu tahun, sedangkan karyawan yang sudah bekerja satu tahun atau lebih harus mendapatkan gaji sesuai dengan struktur dan skala gaji yang ditentukan oleh perusahaan, dengan mempertimbangkan kategori jabatan, masa kerja, tingkat pendidikan, dan keterampilan karyawan. Aturan ini bertujuan untuk melindungi daya beli tenaga kerja, kelangsungan bisnis, dan stabilitas ekonomi nasional.

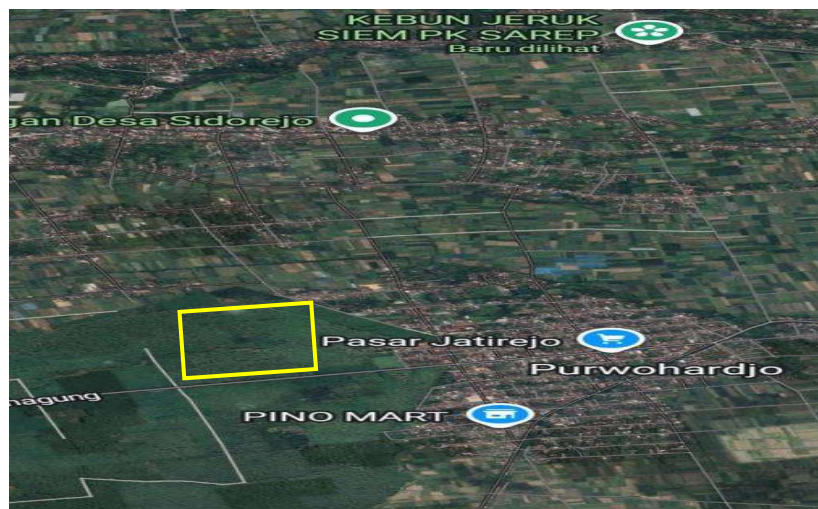
Selain Upah Minimum Kota (UMK) biasa, Kabupaten Banyuwangi juga telah mengesahkan Upah Minimum Sektoral Kabupaten (UMSK) untuk tahun 2025 yang jumlahnya mencapai Rp 2.992.798. Kebijakan ini ditujukan khusus untuk sektor pertambangan emas dan perak, dan mencerminkan kebutuhan untuk memberikan imbalan lebih kepada para pekerja yang beroperasi di lingkungan yang berisiko tinggi. Pihak Kepala Bidang Hubungan Industrial dari Dinas Tenaga Kerja Transmigrasi dan Perindustrian (Disnakertransperin) Banyuwangi menegaskan bahwa semua pengusaha di Banyuwangi diharuskan menaati kenaikan UMK ini. Diharapkan, ini akan berkontribusi pada peningkatan daya beli para pekerja, produktivitas kerja, kesejahteraan tenaga kerja, serta menjaga keberlangsungan usaha.

Dari sudut pandang kebijakan investasi di tingkat nasional, pemerintah Indonesia melalui Kementerian Investasi/BKPM menawarkan beragam insentif baik dalam bentuk fiskal maupun non-fiskal guna menarik minat investor, yang diatur dalam beberapa regulasi utama. Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 24 Tahun 2019 mengenai Pemberian Insentif dan Kemudahan Investasi di Daerah BKKBN memberikan wewenang kepada pemerintah daerah untuk memberikan insentif dan/atau kemudahan investasi kepada masyarakat dan/atau investor sesuai dengan kekuasaannya, dengan ketentuan dan jenis insentif yang diatur dalam peraturan daerah. Terdapat insentif fiskal yang ditawarkan antara lain:

- 1) Tax Holiday dan Tax Allowance: Tax holiday untuk industri pionir dengan investasi minimal Rp 500 miliar dengan pembebasan pajak 5-20 tahun, atau investasi minimal Rp 100 miliar di Kawasan Ekonomi Khusus dengan pembebasan 10-20 tahun desasumberjati. Tax allowance memberikan pengurangan pajak penghasilan badan sebesar 30% dari jumlah investasi modal selama 6 tahun (5% per tahun).

- 2) Super Tax Deduction: Fasilitas pengurangan penghasilan bruto sebesar 100% dari biaya riset dan pengembangan (R&D) dengan tambahan pengurangan hingga 200% dari akumulasi biaya litbang.
- 3) Insentif Kepabeanan: Pembebasan bea masuk untuk impor mesin, barang, dan bahan baku yang digunakan dalam proses produksi, dengan periode pembebasan hingga 2 tahun yang dapat diperpanjang.
- 4) Kemudahan Non-Fiskal: Kemudahan pengurusan perizinan melalui sistem OSS-RBA (Online Single Submission Risk Based Approach), penyediaan infrastruktur pendukung, jaminan ketersediaan energi dan bahan baku, kemudahan keimigrasian dan ketenagakerjaan

1.3.8 Ketersediaan Lahan Kosong untuk Perluasan Pabrik



Gambar 1. 1 Lokasi Pabrik

Dengan total luas mencapai 78,37 km² (7.837 hektar), Kecamatan Purwoharjo terbagi menjadi delapan desa. Salah satunya, Desa Purwohardjo, memiliki luas wilayah 875,2 hektar. Kawasan di sekitar Pasar Jatirejo yang berada di Desa Glagah Agung (tempat Dusun Jatirejo berada) hingga saat ini masih didominasi oleh lahan pertanian dan perkebunan. Berdasarkan hasil penelitian mengenai alih fungsi lahan dan aktivitas pertanian di wilayah tersebut, terdapat cukup banyak area pertanian yang berpotensi untuk dikonversi menjadi kawasan industri tanpa mengabaikan aspek keberlanjutan sektor pertanian. Diperkirakan lahan yang tersedia dan layak dikembangkan untuk keperluan industri di sekitar Pasar Jatirejo mencapai 25–35 hektar, terutama terletak di sisi barat dan selatan pasar yang berbatasan langsung dengan lahan pertanian serta tegalan. Lokasi-lokasi strategis ini memiliki akses yang

baik menuju jalan utama dan dekat dengan sumber bahan baku jeruk, namun tetap menjaga jarak yang aman dari pemukiman padat penduduk. Untuk tahap awal operasional pabrik pektin dengan kapasitas produksi 3.000 ton per tahun, dibutuhkan lahan sekitar 1,5–2 hektar yang meliputi area produksi, gudang bahan baku dan produk jadi, zona pengeringan, instalasi pengolahan air limbah, serta fasilitas pendukung seperti kantor, laboratorium, dan area parkir. Apabila di masa depan pabrik direncanakan untuk diperluas guna meningkatkan kapasitas produksi hingga dua kali lipat (menjadi 2.500 ton per tahun), maka diperlukan tambahan area sekitar 1,5–2 hektar. Dengan mempertimbangkan kebutuhan fase awal dan rencana ekspansi jangka panjang, total lahan maksimal yang diperlukan untuk operasional dan pengembangan pabrik pektin adalah sekitar 3,5–4 hektar. Jumlah ini masih sangat mencukupi mengingat ketersediaan lahan yang luas di kawasan Purwoharjo.

1.4 Tinjauan Proses

1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Pektin

Proses pembuatan pektin yang telah dikembangkan sebagai berikut:

1. Ekstraksi Asam (*Acid Extraction*)

Dalam produksi pektin dari kulit jeruk, ekstraksi menggunakan asam dipilih karena kemampuannya dalam melarutkan dan memisahkan pektin dari komponen dinding sel tanaman yang sukar larut. Pada umumnya, pektin adalah polisakarida yang rumit yang mayoritas terdiri dari unit D-galakturonat, serta di dalam dinding sel buah, pektin biasanya terdapat dalam bentuk protopektin yang tidak bisa larut dalam air. (Dang et al., 2025). Pada proses ekstraksi asam, bahan baku kulit jeruk yang telah dikeringkan dan dihaluskan direaksikan dengan larutan asam kuat (misalnya HCl, H₂SO₄, atau asam nitrat) hingga mencapai pH sangat rendah, yaitu sekitar 1,0–2,0.

Kondisi asam yang ekstrem ini mengakibatkan lepasnya gugus karboksilat dari pektin serta terputusnya ikatan ionik dan hidrogen pada dinding sel, sehingga pektin dapat terlepas ke dalam larutan saat dipanaskan pada suhu tinggi (biasanya 60–90 °C) dalam jangka waktu tertentu (Mansor et al., 2025). Paduan antara suhu tinggi dan lingkungan asam memicu hidrolisis protopektin menjadi pektin yang larut, memecah ikatan ester, serta mempercepat difusi pektin keluar dari matriks sel tanaman. Setelah itu, larutan asam yang mengandung pektin dipisahkan dari residu padat melalui filtrasi, kemudian pektin diendapkan dengan pelarut organik seperti etanol

sehingga membentuk presipitat pektin, yang selanjutnya dikeringkan menjadi serbuk pektin siap pakai.

2. Ekstraksi dengan *Microwave-Assisted Extraction* (MAE)

Sebagai salah satu teknologi modern, *Microwave-Assisted Extraction* (MAE) dikenal karena kemampuannya dalam meningkatkan efisiensi ekstraksi sekaligus mempersingkat waktu proses dan mengurangi penggunaan energi bila dibandingkan dengan teknik ekstraksi tradisional. Pada dasarnya, metode ini memanfaatkan radiasi gelombang mikro untuk memanaskan biomassa secara cepat dan merata, sehingga mempercepat penetrasi pelarut ke dalam jaringan serta memperlancar pelepasan pektin ke dalam fase cair.

Secara prinsip, MAE menggunakan radiasi gelombang mikro untuk menghasilkan pemanasan volumetrik cepat pada medium ekstraksi dan jaringan biomassa, yang secara simultan meningkatkan laju perpindahan pelarut ke dalam jaringan dan mempercepat pelepasan pektin ke dalam fase cair. Mekanisme berdasarkan pada penyerapan energi gelombang mikro oleh molekul polar, khususnya air dan pelarut asam, yang menyebabkan osilasi cepat dipol-dipol serta meningkatkan suhu internal jaringan sel. Penurunan suhu lokal dapat melemahkan struktur dinding sel yang terdiri dari polisakarida kompleks (termasuk protopektin), sehingga ikatan hidrogen dan ikatan ionik dalam matriks dinding sel terputus lebih cepat, mempercepat hidrolisis asam terhadap protopektin dan mempermudah perekatan pektin ke dalam pelarut (Zannini et al., 2025).

Dalam praktiknya, kulit jeruk yang sudah dikeringkan dan digiling dicampurkan dengan pelarut asam pada pH rendah, lalu diproses di reaktor MAE dengan parameter seperti daya microwave, waktu iradiasi, pH, dan rasio padat-cair yang dioptimasi untuk meningkatkan rendemen pektin dan karakteristik fungsionalnya (Wani & Patidar, 2025). Mikro gelombang MAE ini khususnya berasal dari kemampuan gelombang mikro untuk meningkatkan transfer massa dan mengurangi degradasi termal pektin karena waktu proses yang lebih singkat.

3. Ekstraksi dengan *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE)

Salah satu teknik ekstraksi modern yang semakin populer dalam pembuatan pektin dari limbah kulit jeruk adalah *Ultrasound-Assisted*

Extraction (UAE). Metode ini dikenal mampu meningkatkan efisiensi proses sekaligus mengurangi durasi, suhu, serta kebutuhan pelarut jika dibandingkan dengan cara konvensional. Pada praktiknya, memanfaatkan gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi (>20 kHz) yang diarahkan ke dalam campuran pelarut dan bubuk kulit jeruk kering. Gelombang tersebut memicu fenomena kavitasi, yaitu proses terbentuknya gelembung-gelembung vakum kecil di dalam cairan yang kemudian mengembang dan meledak. Ledakan ini menghasilkan semburan lokal (*jetting*) dan tekanan sangat tinggi dalam skala mikro pada permukaan partikel biomassa, sehingga menyebabkan kerusakan struktur dinding sel (Panwar et al., 2023).

Berkat mekanisme kavitasi tersebut, luas permukaan kontak antara pelarut dan jaringan sel menjadi lebih besar, permeabilitas sel meningkat, dan ikatan fisik pada dinding sel ikut terpecahkan. Akibatnya, pektin yang terperangkap dalam bentuk protopektin dapat terlepas ke dalam pelarut dengan lebih cepat. Di samping itu, gelombang ultrasonik juga mempercepat laju perpindahan massa (*mass transfer*) melalui efek turbulensi mikro dan proses pembasahan yang lebih optimal. Dengan demikian, pektin dapat larut lebih efisien tanpa memerlukan pemanasan intensif seperti pada metode ekstraksi konvensional (Vathsala et al., 2024).

4. Ekstraksi dengan Bantuan Enzim (*Enzyme-Assisted Extraction/EAE*)

Enzim-Assisted Extraction (EAE) merupakan metode ekstraksi yang menggunakan enzim spesifik untuk melepaskan pektin dari matriks dinding sel tanaman secara selektif dan dengan kondisi yang lebih lembut dibandingkan metode konvensional. Secara prinsip, menggunakan campuran enzim seperti *pectinase*, *cellulase*, dan *hemicellulase* yang mampu menghidrolisis komponen struktural dinding sel (polisakarida non-pektik dan ikatan protopektin) sehingga pektin, yang biasanya terikat kuat dalam jaringan dinding sel, menjadi terlarut lebih mudah dalam kondisi pH dan suhu yang relatif rendah (Dixit et al., 2025).

Prinsip kerja dari enzim-enzim tersebut adalah memutus ikatan-ikatan kimia tertentu yang terdapat pada pektin serta komponen dinding sel. Dalam proses ini, pektinase berperan dalam memecah ikatan glikosidik, sementara selulase mengurangi hambatan struktural sehingga volume jaringan sel menjadi terbuka dan pektin dapat terlepas tanpa memerlukan pemanasan

suhu tinggi yang berisiko merusak struktur pektin. Pada aplikasi EAE, kulit jeruk yang telah melalui proses pencucian, pengeringan, dan penggilingan dicampur dengan larutan buffer yang pH-nya dikontrol, ditambah enzim dengan komposisi optimal. Ekstraksi biasanya dilakukan pada suhu sedang (sekitar 40–50 °C) dan pH yang mendukung kerja enzim (misalnya pH 4–5) selama beberapa jam. Selama tahap ini, enzim secara perlahan menghidrolisis protopektin dan polisakarida dinding sel, sehingga akses pektin terhadap pelarut menjadi lebih mudah dan transfer massa dari fase padat ke fase cair meningkat (Liu et al., 2023). Setelah waktu reaksi selesai, aktivitas enzim dihentikan dengan menaikkan suhu atau melalui proses dekontaminasi enzim. Selanjutnya, campuran diekstraksi, dipisahkan, dan pektin diendapkan menggunakan alkohol, lalu dilanjutkan dengan filtrasi, pencucian, serta pengeringan pektin.

5. Ekstraksi *Subcritical Water* (*Subcritical Water Extraction*/SWE)

Sebagai alternatif dari teknik konvensional yang menggunakan asam kuat, *Subcritical Water Extraction* (SWE) menawarkan metode pemisahan pektin yang berwawasan lingkungan. Pada metode ini, air murni ditekan hingga tekanan tinggi sehingga mampu mempertahankan wujud cair meskipun suhunya melampaui titik didih normal (biasanya antara 100–200 °C, tetapi masih di bawah titik kritis 374 °C). Kondisi ini mengubah sifat fisika-kimia air, seperti menurunnya konstanta dielektrik dan meningkatnya hasil kali ion (K_w), yang membuat air bertindak sebagai pelarut efektif untuk molekul polar seperti pektin tanpa perlu tambahan pelarut asam (Pattarapisitporn & Noma, 2025).

Dalam fase subkritis, air mampu menembus matriks dinding sel kulit jeruk dan memutus ikatan polisakarida dinding sel secara hidrolitik, termasuk ikatan antara pektin dengan komponen struktural lainnya. Akibatnya, pektin dapat larut dan terlepas ke dalam fase cair dengan cepat. Prinsip dasar bertumpu pada perpaduan suhu tinggi, tekanan terkendali, serta efek hidrolisis dari air subkritis yang memperbaiki difusi massa pektin dari jaringan sel menuju air. Proses ini tidak hanya mempercepat laju pelepasan pektin dibandingkan ekstraksi asam biasa, tetapi juga mampu menekan kerusakan akibat panas karena waktu kontak yang lebih singkat.

Proses SWE pada kulit jeruk biasanya dimulai dengan tahap pengolahan bahan seperti pencucian, pengeringan, and penggilingan. Tahapan proses pada kulit jeruk biasanya dimulai dengan pre-perlakuan bahan (pencucian, pengeringan, dan penggilingan), diikuti oleh ekstraksi di dalam reaktor bertekanan dengan parameter suhu dan tekanan yang dioptimasi (misal 100–140 °C dan 10–30 bar) dan perbandingan padat-cair tertentu. Setelah proses ekstraksi selesai, cairan hasil ekstrak didinginkan, dipisahkan dari residu padat, kemudian pektin diendapkan menggunakan alkohol dan dikeringkan untuk mendapatkan pektin terisolasi (Anoraga et al., 2024).

1.4.2 Kegunaan Produk

Pektin merupakan biomolekul multifungsi yang menunjukkan kemampuan superior dalam hal aglutinasi, peningkatan viskositas, modifikasi tegangan antarmuka, serta stabilisasi sistem dispersi. Senyawa ini banyak diaplikasikan sebagai agen pembentuk tekstur (*texturizing agent*) pada berbagai produk pangan, khususnya selai dan jeli. Kemampuan pembentukan gel (gelasi) pektin ditentukan oleh derajat esterifikasi gugus metoksil (degree of esterification, DE). Pektin dengan derajat metoksilasi tinggi (high-methoxyl pectin, HM-pectin, DE > 50%) membentuk gel melalui mekanisme ikatan hidrogen yang bergantung pada kondisi pH rendah (asam) serta keberadaan gula terlarut dalam konsentrasi tinggi. Sebaliknya, pektin dengan derajat metoksilasi rendah (low-methoxyl pectin, LM-pectin, DE < 50%) membentuk gel melalui mekanisme ionotropik dengan melibatkan ion kalsium (Ca^{2+}) sebagai agen pengikat silang (*crosslinking agent*), sehingga tidak memerlukan kadar gula yang tinggi dan menjadikannya sesuai untuk formulasi produk rendah kalori serta pangan diet (Sharma et al., 2026). Lebih lanjut, pektin juga berfungsi sebagai emulsifier alami dalam sistem pangan berbasis susu, seperti minuman yogurt, minuman susu terfermentasi (*cultured milk*), dan es krim. Berdasarkan studi yang dilakukan oleh Jia et al. (2024), derajat metoksilasi memengaruhi aktivitas emulsifikasi serta stabilitas termal dari konjugat protein whey–pektin. Di samping itu, pektin berkontribusi dalam menghambat sineresis (pemisahan whey) pada produk yogurt sekaligus meningkatkan karakteristik teksturnya.

Dalam bidang biomedis dan farmasi, pektin kini banyak dimanfaatkan berkat sifatnya yang biokompatibel, biodegradable, tidak beracun, serta memiliki aktivitas biologis alami. Sebagai matriks dalam sistem penghantaran obat, pektin memungkinkan pelepasan obat secara terkontrol dan tertarget, khususnya pada area

kolon (Kapoor et al., 2024). Pektin mampu bertahan terhadap degradasi di lambung dan usus halus, tetapi dapat dipecah oleh enzim pektinase dari mikroflora kolon, sehingga sangat ideal untuk pelepasan obat yang spesifik di kolon (Siles-Sánchez et al., 2024). Di samping itu, dalam produk kosmetik, pektin berfungsi sebagai bahan pengencer, pengatur tekstur, serta pelembab pada sediaan perawatan kulit.

1.4.3 Metode Pembuatan Pektin

Sejumlah metode untuk mengekstrak pektin telah banyak dipublikasikan dalam literatur, di antaranya ekstraksi asam, MAE, UAE, EAE, serta SWE. Setiap metode memiliki sisi positif dan negatif masing-masing apabila ditinjau dari aspek teknis, kualitas produk, dan kelayakan secara ekonomis. Dari sekian banyak teknik, ekstraksi asam menjadi pilihan utama di industri pektin karena prosesnya yang tidak rumit, mudah diawasi, serta sangat andal ketika diterapkan dalam kapasitas besar. Prinsip dasar dari teknik ini adalah proses hidrolisis protopektin yang tidak dapat larut dalam struktur sel tanaman, yang diubah menjadi pektin yang dapat larut dengan menggunakan larutan asam pada suhu yang tinggi. Asam tradisional memiliki keunggulan dalam hal lebih rendahnya biaya investasi (CAPEX) dan biaya operasional (OPEX), serta memberikan kemudahan dalam hal peningkatan kapasitas produksi dalam skala besar.

Berdasarkan studi, metode MAE dan UAE terbukti dapat meningkatkan hasil produksi serta mempersingkat durasi ekstraksi karena adanya peningkatan laju perpindahan massa dan kerusakan struktur dinding sel bahan baku. Akan tetapi, penerapan kedua metode ini di tingkat industri masih terkendala oleh kebutuhan akan peralatan khusus yang memerlukan biaya investasi tinggi, konsumsi listrik yang besar, serta tingkat kesulitan operasional dan perawatan yang lebih rumit (Rawat et al., 2024). Meskipun MAE dan UAE unggul secara teknis, produksi pektin dalam skala besar menjadi kurang ekonomis.

Sementara itu, metode EAE mampu menghasilkan pektin dengan mutu yang lebih baik, bobot molekul yang lebih tinggi, serta struktur molekul yang lebih terjaga keutuhannya. Namun, kebutuhan akan enzim komersial dalam jumlah besar mengakibatkan biaya bahan baku melonjak dan waktu proses menjadi lebih panjang. Kondisi tersebut membuat metode ini kurang menguntungkan secara ekonomi jika diterapkan untuk produksi pektin food-grade pada skala industri besar (Haque et al., 2025).

Metode SWE menawarkan keunggulan ramah lingkungan karena tidak menggunakan pelarut kimia tambahan. Di sisi lain, metode ini memerlukan kondisi operasi dengan suhu dan tekanan tinggi, sehingga dibutuhkan alat bertekanan khusus yang biaya investasinya sangat mahal. Ditambah lagi, rendemen pektin yang dihasilkan tergolong rendah, sehingga metode ini belum layak digunakan secara komersial untuk ekstraksi pektin dari kulit jeruk (Riyamol et al., 2023).

Dengan mempertimbangkan aspek teknis, ekonomi, serta kematangan teknologi, metode ekstraksi asam dipilih sebagai proses utama dalam pra-rancangan pabrik pektin berbahan baku kulit jeruk. Keputusan ini didasarkan pada stabilitas proses, biaya produksi pektin yang lebih murah, kemudahan dalam pengoperasian dan pengendalian, serta kesesuaiannya untuk produksi pektin skala industri.