

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Sampah plastik di Indonesia mencapai 64 juta ton/tahun, sebanyak 3,2 juta ton diantaranya merupakan sampah plastik yang dibuang ke laut sedangkan sisanya ada yang ditimbun, dibakar dan sebagainya sehingga menimbulkan dampak besar bagi ekosistem (Olavia, L., 2021). Jenis sampah plastik yang terbanyak didominasi oleh kantong plastik dikarenakan penggunaannya yang sangat luas dalam aktivitas sehari-hari seperti belanja dan pengemasan barang (Purwaningrum, 2016). Plastik konvensional umumnya terbuat dari bahan baku berbasis fosil yang diproses menggunakan metode polimerisasi seperti *High Density Polyethylene* (HDPE), *Low Density Polyethylene* (LDPE) banyak digunakan sebagai kemasan karena mampu melindungi produk dari kerusakan fisik, kelembapan, dan kontaminasi (Anwar et al., 2025). Namun, kelemahan utamanya adalah sifat degradasinya yang sangat lambat hingga ratusan tahun, sehingga menimbulkan penumpukan limbah dan pembentukan mikroplastik yang dapat membahayakan ekosistem maupun kesehatan manusia ((Borrelle et al., 2020; Geyer et al., 2017)

Oleh karena itu, salah satu bentuk upaya untuk mengurangi sampah plastik yang sukar terurai yaitu dengan memproduksi bioplastik. Bioplastik merupakan plastik yang terbuat dari bahan organik yang ramah lingkungan karena sifatnya yang mudah terurai dan ramah lingkungan (Anggarini F et al., 2013). Bahan baku pembuatan bioplastik umumnya diproduksi menggunakan pati sagu (Ansanay et al., 2025), pati singkong (Ratu Salsabila et al., 2022), alga (Prasetyo et al., 2024), dan sebagainya. Bahan-bahan tersebut mengandung selulosa dan pati yang tinggi sehingga telah terbukti efektif dalam menghasilkan bioplastik dengan kualitas yang diharapkan, akan tetapi bahan-bahan tersebut masih termasuk dalam kategori bahan pangan. Oleh karena itu, kebaruan dari perancangan pabrik ini adalah pembuatan biji bioplastik berbasis SCOBY Kombucha, kitosan dan gliserol dengan kapasitas produksi 30.000 ton/tahun.

Teh Kombucha merupakan minuman hasil fermentasi teh hitam yang dilakukan oleh kultur SCOBY yang terjadi karena adanya simbiosis antara *Acetobacter xylinum* dan *Saccharomyces cerevisiae* selama 7–10 hari dalam medium teh dan gula (Laavanya et al., 2021). *Acetobacter xylinum* berperan penting dalam menghasilkan membran selulosa SCOBY yang memiliki struktur fibril berlapis, kuat secara mekanik, dan mampu menyerap air dengan baik (Laavanya et al., 2021). Membran ini bersifat *biodegradable*, tidak

beracun, stabil, dan biokompatibel (Betlej et al., 2021). Membran SCOBY masih mengandung selulosa tinggi sebesar 49,5%, kandungan lainnya yaitu karbohidrat 43,2%, protein kasar 4,8%, kadar lipid kasar sebesar 1%, dan abu 1,5% (das Chagas et al., 2024). Oleh karena itu, selulosa dari membran SCOBY berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan baku bioplastik ramah lingkungan.

Salah satu komoditas pertanian yang paling banyak dibudidayakan oleh masyarakat Indonesia adalah teh. Teh merupakan salah satu komoditas perkebunan yang ketersediaannya relatif melimpah dan banyak dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan minuman. Berdasarkan data Direktorat Jenderal Perkebunan, produksi teh nasional menunjukkan tren yang stabil sehingga menghasilkan ketersediaan bahan baku yang berkelanjutan. Teh hitam, sebagai salah satu jenis teh yang paling banyak dikonsumsi, mengandung berbagai senyawa nutrisi yang berperan penting dalam proses fermentasi, antara lain polifenol, asam amino, mineral, dan senyawa nitrogen. Kandungan dalam teh hitam yakni terdapat polifenol total 20%, *Theaflavins* 0,78%, *Thearubigin* 8,02%, *High polymerized substance* 7,68%, kafein 3,51%, asam amino 1%, protein 20,6%, karbohidrat 32,1%, kadar air 6%, *Epicatechin gallate* 0,31% (UPASI). Berdasarkan data komponen pada teh, saat sudah diolah atau diproses akan menghasilkan ampas teh 90% dari teh nya. Dengan demikian, beberapa nutrisi pada ampas teh khususnya asam amino nya dapat dijadikan sebagai sumber nitrogen untuk pertumbuhan khamir dan bakteri asam asetat serta mendukung pembentukan selulosa bakteri (Laavanya et al., 2021). Oleh karena itu, ampas teh memiliki potensi besar jika dimanfaatkan sebagai substrat dalam proses fermentasi SCOBY kombucha.

I.2 Analisa Pasar dan Kapasitas Produksi

I.2.1 Analisa Pasar

I.2.1.1 Analisa Bahan Baku

Harga bahan baku pabrik biji bioplastik tertera pada Tabel I.1

Tabel I. 1 Daftar Harga Bahan Baku dan Produk di pasaran

Jenis	Harga
Bibit SCOBY Kombucha ^a	Rp 15.000/150 mL
Ampas teh	Rp 5.000/kg
Kitosan ^b	Rp 25.000/5g
Gliserol ^c	Rp 5.000/L

Asam asetat ^c	Rp 4.000/L
Sodium Hidroksida (Merck)	Rp 25.000/Kg
Molase	Rp 4.000/L

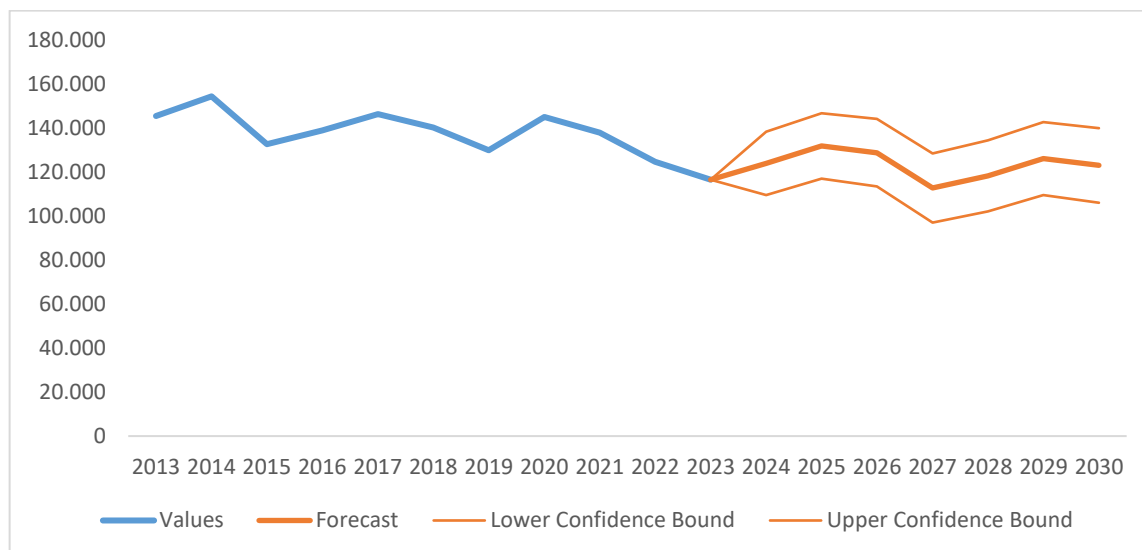
Sumber : a. *e-commerce*
b. *e-commerce*
c. www.phyedumedia.com
d. *e-commerce*

Pabrik ini dirancang untuk memproduksi biji bioplastik melalui fermentasi teh hitam dengan menggunakan bibit SCOBY sebagai sumber mikroorganisme. Di Indonesia bibit SCOBY dapat diperoleh dari salah satu usaha UMKM yang sedang memproduksi fermentasi teh kombucha. Membran SCOBY yang terbentuk dari hasil fermentasi teh Kombucha tersebut akan digunakan sebagai inisiator bibit fermentasi. Bibit tersebut akan diambil dari supplier usaha UMKM yang memproduksi teh Kombucha dan menghasilkan membran SCOBY. Pada prarencana pabrik ini bibit SCOBY sebagai bibit fermentasi yang dikembangkan dengan cara fermentasi dan selama ini pemanfaatannya belum maksimal. Gambar 1 dan Tabel I.2 menunjukkan data produksi teh hitam dari Perkebunan di Indonesia diprediksi menggunakan metode *forecasting*, Pada tahun 2030 jumlah produksi teh hitam yaitu sebanyak 122.996 ton. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS), provinsi yang paling banyak memproduksi teh di Indonesia yaitu Provinsi Jawa Barat:

Tabel I. 2 Data Produksi Teh Hitam di Indonesia Tahun 2013-2023 (BPS, 2023)

Tahun	Produksi (ton/tahun)	Ampas Kopi (Ton/tahun)
2013	145.460	130.914
2014	154.369	138.932
2015	132.615	119.354
2016	138.935	125.042
2017	146.251	131.626
2018	140.236	126.212
2019	129.832	116.849
2020	144.963	130.467
2021	137.837	124.053
2022	124.661	112.195
2023	116.506	104.855
2024	123.972	111.575
2025	131.841	118.657
2026	128.758	115.882
2027	112.743	101.469
2028	118.210	106.389

2029	126.079	113.471
2030	122.996	110.696



Gambar I. 1 Forecasting Produksi Teh Hitam di Perkebunan Indonesia

Berdasarkan data produksi teh hitam yang diperoleh, dapat diprediksi menggunakan salah satu metode non-linier yaitu *forecasting* produksi teh hitam pada tahun 2030 yaitu sebanyak **110.696 ton**.

Berdasarkan literatur disebutkan bahwa $\pm 90\%$ daun teh menjadi limbah ampas teh setelah mengalami beberapa proses dan di konsumsi. Namun, ampas teh tersebut masih memiliki senyawa bioaktif seperti katekin yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam substrat fermentasi. (Çakmak et al., 2024). Jadi, ketersediaan ampas teh pada tahun 2030 sebanyak 110.696 ton

Industri yang memproduksi minuman teh hitam di Indonesia yaitu PT. Tirta Fresindo Jaya dan PT. Sosro. Kebutuhan daun teh hitam atau dosis rata-rata dalam memproduksi minuman teh yaitu 3 gram per Liter. Kapasitas produksi PT. Tirta Fresindo Jaya sebanyak 90.000 karton per hari. 1 karton sebanding dengan 24 botol (350 mL/ botol) maka total produksi nya yaitu sebesar 2.160.000 botol per hari. Dengan demikian, total volume produksinya mencapai 756.000 Liter per hari. Terdapat keterangan pada label kemasan Teh Botol Sosro 350 mL bahwa teh melati yang digunakan sebesar 0,675%. Selain itu, kapasitas produksi PT. Sinar Sosro sebanyak 725.760 botol/hari, maka total volume produksinya yaitu 254.016 Liter per hari. (referensi website PT). Terdapat keterangan pada label kemasan Teh Botol Sosro 350 mL bahwa the melati terdiri atas daun pucuk teh 90% dan bunga melati 10%. Oleh karena itu, terdapat tabel perbandingan ampas

teh yang diperlukan masing-masing perusahaan baik PT Sinar Sosro mau pun PT Tirta Fresindo Jaya dapat ditinjau pada Tabel I.1.

Tabel I. 3 Perbandingan beberapa Parameter PT Sinar Sosro dan PT Tirta Fresindo Jaya

Parameter	PT Sinar Sosro	PT Tirta Fresindo Jaya	PT Sari Wangi AEA	PT Mayora Indah Tbk	PT Coca-Cola Bottling Indonesia
Kapasitas Produksi	725.760 botol/hari	2.160.000 botol/hari	±40.000 ton/tahun	±1.500.000 (botol/hari)	±1.000.000 (botol/hari)
Ampas teh	1,54 ton/hari	4,76 ton/hari.	98 ton/hari	3,3 ton/hari	2,2 ton/hari

Pabrik gula di Indonesia menghasilkan limbah berupa molase sebanyak $\pm 5\%$ dari kapasitas produksi pabrik gula di Indonesia [sitasi]. Data kapasitas produksi Pabrik Gula di Indonesia dapat dilihat pada Tabel I.4.

Tabel I. 4 Kapasitas Produksi Pabrik Gula di Indonesia

Nama Pabrik Gula	Lokasi Pabrik	Kapasitas Produksi Gula (Ton/hari)	Kapasitas molase (ton/hari)
PG. Gunung Madu	Lampung Tengah	16.000	800
PG. Gula Putih Mataram	Lampung Tengah	12.000	600
PG. Sweet Indo Lampung	Tulang Bawang	10.000	500
PG. Indo Lampung Perkasa	Tulang Bawang	10.000	500
PG. Bunga Mayang	Lampung Utara	10.000	500
PG. Jatiroto	Lumajang	10.000	500
PG. Tolangohula	Gorontalo	8.000	400
PG. Semboro	Jember	7.000	350
PG. Kerebet Baru I	Malang	6.500	325
PG. Gempolkrep	Mojokerto	6.500	325
PG. Pesantren Baru	Kediri	6.250	312,5
PG. Ngadirejo	Kediri	6.200	310

I.2.1.2 Data Konsumsi

Di Indonesia, pengembangan bioplastik telah direalisasikan melalui kehadiran produk seperti Ecoplas dan Enviplas yang berbahan dasar pati singkong. Penggunaan kedua produk tersebut memerlukan biaya tambahan sekitar 15–20%. Sementara itu, bioplastik berbasis jagung yang dipasarkan di luar negeri memiliki harga yang jauh lebih mahal, yakni sekitar 300–400% di atas harga plastik konvensional (SWA Magazine, 2012). Singkong dinilai sebagai bahan baku bioplastik yang relatif ekonomis karena ketersediaannya yang melimpah dan kemudahan dalam proses budidayanya, sedangkan jagung memiliki harga bahan baku yang lebih tinggi.

Meningkatnya permasalahan lingkungan akibat akumulasi limbah plastik turut mendorong pertumbuhan penggunaan bioplastik, baik melalui peningkatan kesadaran masyarakat maupun melalui regulasi yang ditetapkan oleh pemerintah. Salah satu contoh kebijakan tersebut disampaikan dalam artikel SWA Magazine tahun 2011, yang merujuk pada Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 3 Tahun 2013 tentang pengelolaan sampah. Peraturan ini menetapkan sanksi berupa denda sebesar Rp5 juta hingga Rp25 juta bagi pengelola pusat perbelanjaan yang tidak menerapkan penggunaan kantong belanja ramah lingkungan.

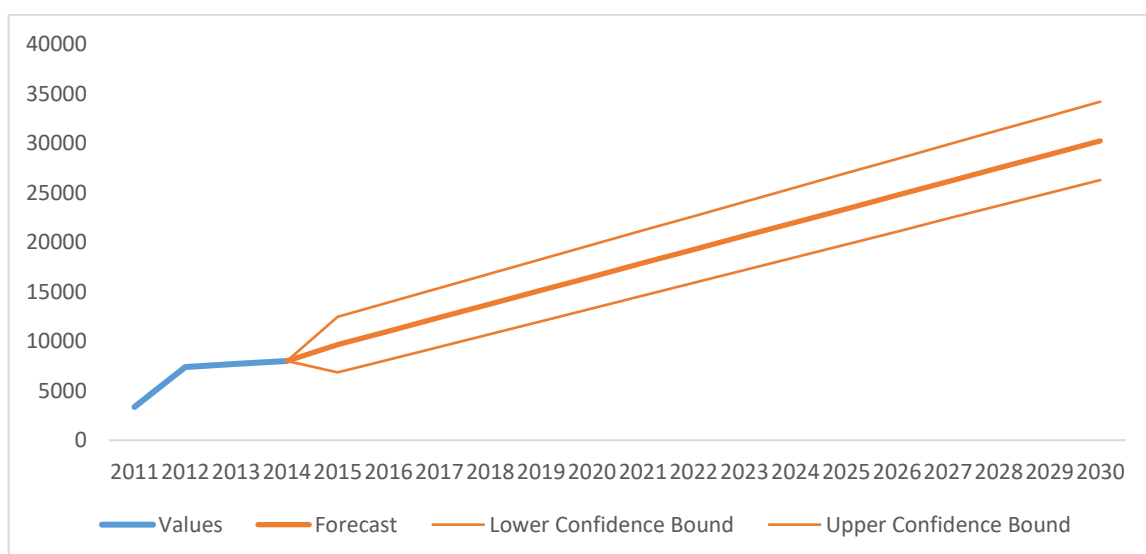
Sebagai bentuk dukungan terhadap kebijakan tersebut, Indomaret menyatakan komitmennya dalam menjaga kelestarian lingkungan dengan menerapkan Undang-Undang Nomor 18 Tahun 2008 tentang pengelolaan sampah. Rata-rata, setiap gerai Indomaret menggunakan sekitar 50 kg kantong plastik per bulan, dengan satu kilogram setara dengan 357 lembar kantong plastik. Dengan jumlah gerai mencapai 5.004 unit pada Januari 2011, total kebutuhan kantong plastik Indomaret diperkirakan mencapai 250,2 ton per bulan.

Selain Indomaret, sejumlah pusat perbelanjaan dan badan usaha lainnya juga diketahui telah menggunakan bioplastik secara konsisten dan menjalin kerja sama dengan produsen Ecoplas atau Enviplas. Beberapa di antaranya meliputi Alfamart, Carrefour, Hypermart, jaringan restoran Pizza Hut, restoran Satoo di Shangri-La Jakarta, Bogor Laundry, Golf Bandar Kemayoran, serta berbagai pelaku usaha lainnya (SWA Magazine, 2014). Jadi, berdasarkan banyaknya konsumen bioplastik di beberapa pusat belanjaan dan badan usaha lainnya, tingkat konsumsi tersebut dapat diperkirakan akan terus meningkat setiap tahunnya seperti data yang dapat dilihat pada Tabel I.5.

Tabel I. 5 Kapasitas Konsumsi Bioplastik di Indonesia

Tahun	Konsumsi (Ton)
2011	3.360
2012	7.400
2013	7.700
2014	8.000
2015	9.651
2016	11.023
2017	12.395
2018	12.767
2019	15.139
2020	16.510
2021	17.882
2022	19.254
2023	20.626
2024	21.998
2025	23.370
2026	24.741
2027	26.133
2028	27.485
2029	28.857
2030	30.229

Sumber : Kontan News, 2015



Gambar I. 2 Prediksi Kapasitas Konsumsi Bioplastik di Indonesia

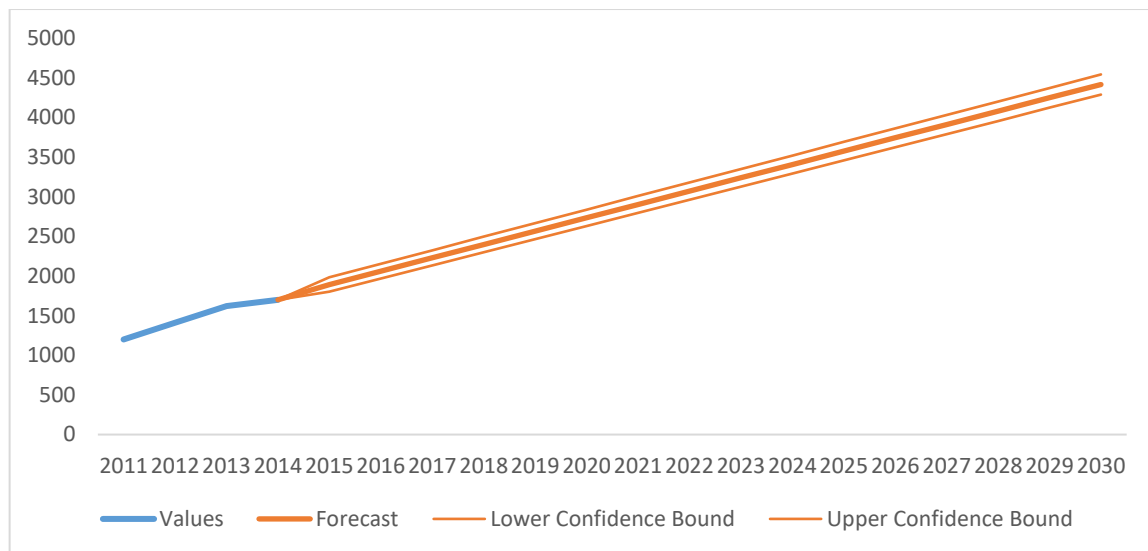
Jadi, dapat dilihat bahwa konsumsi bioplastik di Indonesia dari tahun ke tahun makin meningkat dan diprediksi menggunakan salah satu metode non linier yaitu *forecasting* di tahun 2030 konsumsi bioplastik di Indonesia mencapai 30.229 ton. Penggunaan bioplastik di Indonesia dimanfaatkan dalam bidang industri pengemasan digunakan untuk membuat kemasan makanan dan minuman, peralatan makan sekali pakai, kantong belanja yang mudah terurai, dan film yang dapat dimakan untuk membungkus produk tertentu. Selain itu, pada bidang pertanian dapat dimanfaatkan sebagai aplikasi seperti mulsa (penutup tanah) yang dapat terurai secara alami di lahan pertanian.

Untuk pasar interlokal, telah dilakukan kegiatan promosi dan penjajakan kerja sama melalui *roadshow* ke berbagai produsen serta peritel di Amerika Serikat, yang kemudian berhasil memperoleh sejumlah klien, antara lain *Nickelodeon*, *Mall of America*, *Zara*, *Lake Winds*, dan beberapa pihak lainnya (SWA Magazine, 2011). Adapun data mengenai kapasitas konsumsi bioplastik secara global disajikan pada Tabel 1.6.

Tabel I. 6 Kapasitas Konsumsi Bioplastik di Dunia

Tahun	Konsumsi x 1000 (Ton)
2011	1.200
2013	1.621
2014	1.700
2015	1.894
2016	2.062
2017	2.230
2018	2.398
2019	2.567
2020	2.735
2021	2..903
2022	3.071
2023	2.240
2024	3.408
2025	3.576
2026	3.745
2027	3.913
2028	4.081
2029	4.249
2030	4.418

Sumber : Plastemart, 2013



Gambar I. 3 Prediksi Kapasitas Bioplastik di Dunia

Jadi, dapat diprediksi menggunakan salah satu metode non-linier yaitu *forecasting* jumlah konsumsi bioplastik di dunia pada tahun 2030 sebanyak 4.418 juta ton.

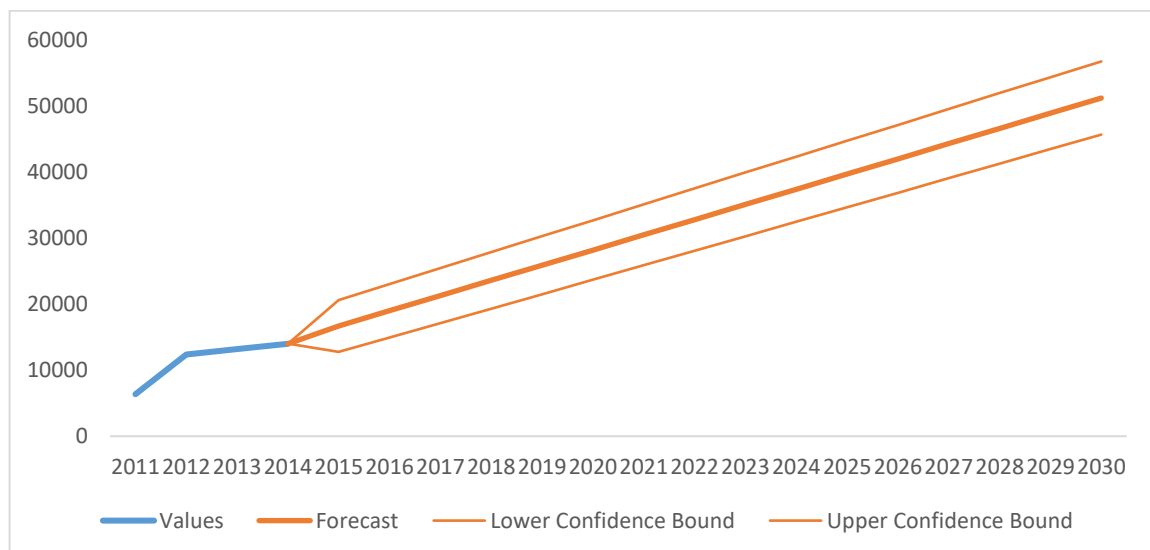
I.2.1.3 Data Produksi

Di Indonesia terdapat 2 industri yang kapasitasnya cukup besar dalam memproduksi bioplastik, yaitu PT. Tirta Martha dan PT. Inter Aneka Lestari Kimia (SWA, Digital Magazine, 2014) yang berada di Kota Tangerang, Banten. Harga biji bioplastik dipasaran yaitu Rp 412.500,- per kilogram (kg). Prediksi produksi dalam negeri dilakukan dengan menggunakan metode *forecasting* seperti yang ditunjukkan pada Tabel I.7 dan Gambar 4 bahwa kapasitas produksi Industri Bioplastik di Indonesia diprediksi di tahun 2030 produksi bioplastik dalam negeri di Indonesia mencapai 51.219 ton.

Tabel I. 7 Kapasitas Produksi Bioplastik di Indonesia

No.	Tahun	Kapasitas (Ton/Tahun).		Kapasitas Total (Ton)
		PT. Tirta Martha (SWA, Digital Magazine, 2014)	PT. Inter Aneka Lestari Kimia (Kontan News, 2017)	
1	2011	6.000	360	6.360
2	2012	10.000	2.400	12.400
3	2013	11.000	2.200	13.200
4	2014	12.000	2.000	14.000
5	2015	14.084	2.609	16.694

6	2016	15.944	3.051	18.995
7	2017	17.804	3.493	21.297
8	2018	19.663	3.935	23.599
9	2019	21.523	4.377	25.900
10	2020	23.383	4.819	28.202
11	2021	25.242	5.261	30.504
12	2022	27.102	5.703	32.805
13	2023	28.962	6.145	35.107
14	2024	30.822	6.589	37.409
15	2025	32.681	7.029	39.710
16	2026	34.541	7.471	42.012
17	2027	36.401	7.913	44.314
18	2028	38.261	8.355	46.615
19	2029	40.120	8.797	48.916
20	2030	41.980	9.238	51.219



Gambar I. 4 Prediksi Kapasitas Produksi Bioplastik di Indonesia

Jadi, dapat diprediksi menggunakan metode non-linier yaitu *forecasting* total produksi bioplastik di Indonesia dari kedua industri tersebut yaitu sebanyak 51.219 ton.

Jika ditinjau dari masing-masing pabrik, pada tahun 2030 PT. Tirta Martha diprediksi memproduksi *plastic biodegradable* sebanyak 41.980 ton, sedangkan untuk PT.

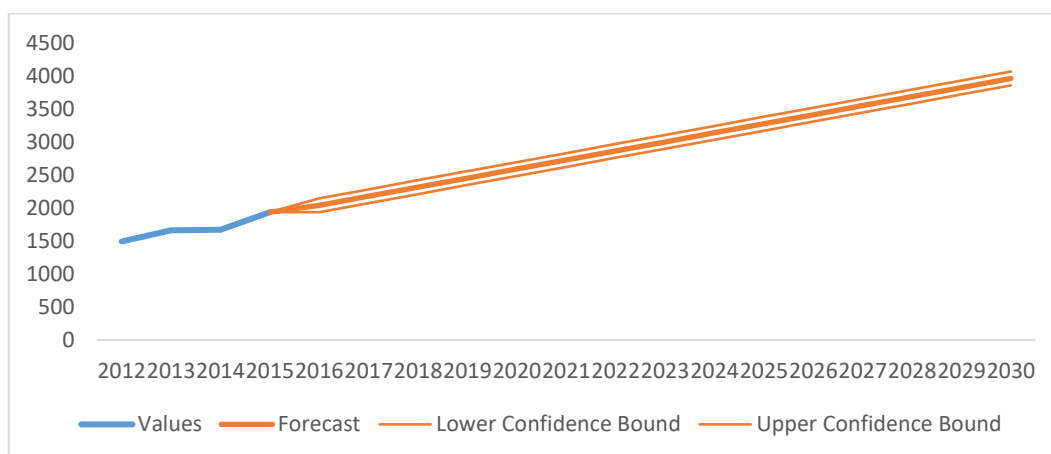
Inter Aneka Lestari Kimia diprediksi memproduksi *plastic biodegradable* pada tahun 2030 sebanyak 9.238 ton.

Secara global, produksi bioplastik telah berkembang pesat, dengan kapasitas produksi terbesar ada di kawasan Asia Pasifik. Informasi mengenai kapasitas produksi bioplastik dunia disajikan pada Tabel I.8.

Tabel I. 8 Kapasitas Produksi Bioplastik di Dunia

Tahun	Kapasitas Produksi x 1000 (Ton)
2012	1.492
2013	1.662
2014	1.670
2015	1.936
2016	2.041
2017	2.178
2018	2.315
2019	2.452
2020	2.589
2021	2.727
2022	2.864
2023	3.001
2024	3.138
2025	3.275
2026	3.413
2027	3.550
2028	3.687
2029	3.824
2030	3.961

Sumber : European Bioplastics, 2013



Gambar I. 5 Prediksi Kapasitas Produksi Bioplastik di Dunia

Berdasarkan grafik tersebut dapat disimpulkan bahwa kapasitas produksi di Dunia dengan prediksi menggunakan metode *forecasting* didapatkan sebanyak 3.961 juta ton.

I.2.2 Kapasitas Produksi

Penentuan kapasitas produksi pabrik didasarkan pada besarnya kebutuhan konsumsi dalam negeri serta data kapasitas produksi yang telah ada. Informasi tersebut diperoleh dari berbagai sumber, salah satunya Badan Pusat Statistik, yang menyediakan data industri untuk menggambarkan kebutuhan pasar domestik terhadap suatu produk. Melalui data tersebut, dapat diperkirakan tingkat permintaan yang perlu dipenuhi oleh industri dalam negeri.

Berdasarkan pernyataan Presiden Direktur PT Tirta Marta, Sugianto Tandio, kapasitas produksi pabrik yang dikelolanya mencapai sekitar 10.000 ton per tahun. Hasil produksi tersebut dialokasikan baik untuk pasar ekspor maupun pasar domestik dengan proporsi yang relatif seimbang, yakni sekitar 50% untuk masing-masing pasar. Adapun negara tujuan ekspor yang telah dilayani meliputi Amerika Serikat, Vietnam, Kolombia, dan Tiongkok (SWA, Digital Magazine, 2015). Berdasarkan dari data tersebut, lalu ditentukan besarnya kapasitas produksi sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Supply produk di 2030} &= \text{Suplai} - \text{Permintaan} \\ &= (\text{Produksi dalam negeri} + \text{Produksi dunia}) - (\text{Konsumsi dalam negeri} + \text{Konsumsi dunia}) \\ &= (51.219 + 3.961.000) - (30.229 + 4.418.000) \\ &= -436.010 \text{ ton}\end{aligned}$$

Dengan demikian, Hasil perhitungan menunjukkan adanya kekosongan pasar sebesar 436.010 ton pada tahun 2030. Dengan demikian, pendirian pabrik sangat diperlukan untuk memenuhi kebutuhan pasar. Berdasarkan prediksi kapasitas produksi dari 2 perusahaan bioplastik yang ada pada Tabel I.7., prediksi kapasitas produksi dari PT Tirta Martha dan PT Inter Aneka Lestari Kimia pada tahun 2030 jika dirata-rata dari 2 perusahaan bioplastik di Indonesia diperoleh 25.609 ton/tahun. Oleh karena itu, ditetapkan bahwa kapasitas produksi pabrik biji bioplastik ini sebesar 30.000 ton/tahun. Dengan demikian, dari kapasitas produksi 30.000 ton/tahun diharapkan dapat memenuhi kebutuhan pasar domestik maupun pasar global dari perhitungan hasil kekosongan pasar sebesar 436.010 ton sehingga diperoleh nilai persentase 6,88% yang dibulatkan menjadi

7% khususnya untuk penggunaan kantong kemasan. Dengan didirikannya pabrik ini, diharapkan produksi pabrik biji bioplastik diharapkan dapat memenuhi kebutuhan konsumsi dalam negeri hingga global yang makin meningkat. Selain itu, dapat membuka lapangan pekerjaan sehingga dapat menurunkan tingkat pengangguran. Pabrik biji bioplastik ini akan memasuki pasar secara bertahap, karena produk bioplastik dapat dikembangkan sebagai alternatif pengganti kantong plastik yang sukar terdegradasi dan masih banyak digunakan oleh khayalak luas.

I.3 Kebaruan Produk/Proses

Kebaruan atau inovasi dari desain pabrik yang dibuat ditinjau dari segi bahan baku dan dari segi proses. Kebaruan dari segi bahan baku yaitu menggunakan SCOBY Kombucha sebagai pengganti bahan baku pati yang umumnya digunakan dalam pembuatan bioplastik. Pembuatan bioplastik menggunakan bahan baku pati dalam jangka panjang dapat menyebabkan kompetisi dengan kategori pangan, sehingga dapat menurunkan ketahanan pangan. Hal ini diperlukan untuk mendukung pelaksanaan “SDG 12” yaitu konsumsi dan produksi yang bertanggungjawab (*responsible consumption and production*). Ditinjau dari segi sisi kebaruannya yaitu bioplastik berbasis selulosa dari fermentasi SCOBY Kombucha. Dengan demikian, selulosa SCOBY Kombucha menjadi sesuatu yang berguna atau bermanfaat dan dapat melindungi dan menjaga lingkungan karena bioplastik dibuat dengan bahan organik yang ramah lingkungan dan mudah terdegradasi. Kebaruan proses fermentasi (media dapat digunakan kembali untuk fermentasi teh Kombucha sebanyak 7 batch (35 hari), dan dipanen tiap 5 hari untuk menghasilkan membran SCOBY sebagai bahan baku pembuatan bioplastik.

I.4 Sifat Fisika dan Kimia

I.4.1 Bahan Baku

I.4.1.1 SCOBY Kombucha

SCOBY Kombucha merupakan membran selulosa yang dihasilkan dari proses fermentasi teh Kombucha. Proses fermentasinya dilakukan dengan kultur *Symbiotic Culture of Bacteria and Yeast* (SCOBY) dalam medium yang mengandung ekstrak teh dan sumber gula selama 7 hari. Komposisi SCOBY Kombucha yaitu terdapat Karbohidrat 43,2% ; protein kasar 4,8%, selulosa 49,5%, dan kadar lipid kasar sebesar 1%, dan abu 1,5% (das Chagas, E. G. L., et all, 2024) Adapun beberapa spesies bakteri dan yeast yang

terkandung dalam SCOBY Kombucha dapat dilihat pada **Tabel 1.9**, yang digunakan pada proses fermentasi yaitu bakteri *Acetobacter xylinum* dan yeast *Saccharomyces cerevisiae*.

Tabel I. 9 Jenis Mikroba yang terkandung dalam SCOBY Kombucha (J. De Roos and L. De Vuyst, 2018).

<i>Gram negative Acetic Acid Bacteria (AAB)</i>	<i>Gram positive Lactic Acid Bacteria (LAB)</i>	<i>Yeast</i>
<i>Acetobacter sp</i>	<i>Lactobacillus sp</i>	<i>Saccharomycodes ludwigii</i>
<i>Gluconobacter sp</i>	<i>Lactococcus sp</i>	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>
<i>Gluconabacter sp</i>		<i>Schizosaccharomyces pombe</i>
<i>Komagataeibacter sp</i>		<i>Kloeckera apiculata</i>
		<i>Torulaspora delbrueckii</i>
		<i>Torulaspora delbrueckii</i>

I.4.1.2 Molase

Molase merupakan produk samping dari industri gula maupun bioetanol yang masih mengandung gula dan asam-asam organik. Akan tetapi, molase memiliki karakteristik utama yaitu sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon dalam fermentasi kombucha. Harga molase eceran sekitar Rp 18.200/L. Kandungan molase dapat dilihat pada Tabel I.10.

Tabel I. 10 Kandungan Kimia Molase (Acosta-Piantini et al., 2023)

Kandungan	Komposisi (%)
Sukrosa	55,5
Air	21
Total nitrogen	12,5
Abu	11

Sebagian besar dari nitrogen berasal dari asam amino, protein, peptida, ammonium, dan nitrat. Komponen nitrogen tersebut merupakan senyawa organik dan anorganik yang larut.

I.4.1.3 Ampas Teh Hitam

Teh hitam merupakan salah satu jenis teh yang digunakan sebagai substrat yang umum digunakan dalam produksi Teh Kombucha. Hal ini disebabkan karena teh hitam mengandung komponen nutrisi yang mendukung pertumbuhan dan aktivitas metabolik mikroorganisme. Kandungan dalam teh hitam yakni terdapat polifenol total 20%, *Theaflavins* 0,78%, *Thearubigin* 8,02%, *High polimerized substance* 7,68%, kafein 3,51%, asam amino 1%, protein 20,6%, karbohidrat 32,1%, kadar air 6%, *Epicatechin gallate* 0,31% (UPASI). Adapun perbandingan komposisi atau kandungan pada jenis teh (teh hitam, teh hijau, dan teh oolong) yang digunakan sebagai substrat dalam produksi teh Kombucha dapat dilihat pada Tabel I.11.

Berdasarkan literatur disebutkan bahwa 90% daun teh menjadi limbah ampas teh setelah mengalami beberapa proses dan dikonsumsi. Namun, ampas teh tersebut masih memiliki senyawa bioaktif seperti katekin yang dapat dimanfaatkan sebagai nutrisi dalam substrat fermentasi (Çakmak et al., 2024).

Tabel I. 11 Kandungan Teh Hitam, Teh Hijau, dan Teh Oolong

Kandungan Teh hitam (Jayasekara et al, 2021)	Kandungan Teh hijau (Chen et al, 2022)	Kandungan Teh Oolong (Lin et al, 2023)
• Total polifenol 18–22% • Teoflavin (theaflavin) $2,1 \pm 0,3$ % • Teorubigin (thearubigin) 10–12 % • Asam amino 4%	Total polifenol 28–34 %	• Total polifenol 23–26 % • Katekin 12–15 % • Teoflavin $1,0 \pm 0,2$ %

I.4.1.4 Gliserol

Gliserol adalah jenis *plasticizer* dari kelompok alkohol polihidrat yang mengandung tiga gugus hidroksil dalam satu molekul. Senyawa ini umumnya diperoleh sebagai produk samping dalam produksi biodiesel. Secara fisik, gliserol berupa cairan kental yang bening, tidak berwarna, tidak berbau, dan mudah larut dalam air, serta memiliki densitas serta titik didih yang relatif tinggi dibandingkan banyak pelarut organik lainnya. Struktur tiga gugus hidroksil inilah yang membuatnya bersifat sangat polar dan higroskopis. Sifat fisika dan kimia Gliserol dapat dilihat pada Tabel 1.12.

Tabel I. 12 Sifat Fisika dan Kimia Gliserol (Almeida et al., 2023)

Parameter	Besaran
Rumus molekul	$C_3H_8O_3$
Berat Molekul (gram/mol)	92,09
Densitas (gram/cm ³)	1,261
Viskositas pada suhu 20°C (Cp)	1499
Panas Spesifik pada suhu 26°C (J/g)	2,42

I.4.1.5 Natrium Hidroksida

Natrium hidroksida, atau dikenal sebagai soda api, berbentuk kristal putih dan memiliki berbagai aplikasi di industri. Salah satu kegunaannya adalah dalam proses delignifikasi, yaitu tahap yang bertujuan untuk menghilangkan lignin dari bahan baku. Proses ini berfungsi untuk membuka struktur lignoselulosa sehingga selulosa lebih mudah diakses. Sebagai agen pretreatment, natrium hidroksida terbukti efektif dalam memisahkan lignin dari selulosa serta lebih ekonomis dibandingkan dengan bahan kimia lainnya. Sifat Fisika NaOH dapat dilihat pada Tabel 1.13.

Tabel I. 13 Sifat Fisika dan Kimia NaOH (Merck)

Parameter	Besaran
Rumus Kimia	NaOH
Massa Molar (gram/mol)	40
Titik Leleh (°C)	318°C (591 K)
Titik Didih (°C)	1390°C (1663 K)
Kelarutan pada suhu 20°C (g/100 gram air)	299,6
Densitas (g/L)	1520

I.4.1.6 Kitosan

Kitosan ($C_6H_{11}NO_4$) merupakan biopolimer alami hasil deasetilasi kitin yang menghasilkan gugus amina ($-NH_2$) dan hidroksil ($-OH$) reaktif sehingga bersifat biokompatibel, biodegradable, hidrofilik, dan memiliki aktivitas antibakteri meskipun sukar larut dalam air karena rantai polimernya yang panjang (Anggraeni, 2016) (Chicea & Nicolae-Maranciuc, 2024) (Tanasale et al., 2016). Kitosan dapat larut dalam pelarut asam lemah seperti asam asetat melalui proses protonasi gugus amina menjadi $-NH_3^+$ yang meningkatkan kelarutan serta kemampuannya membentuk ikatan hidrogen antar rantai

(Cruz-Romero et al., 2013). Dalam pembuatan bioplastik, kitosan berperan sebagai matriks polimer, pengikat, dan penguat struktur (Nelvira Juanmara Ardyansa et al., 2022), serta memberikan efek pengawet alami sehingga dapat membentuk film bioplastik yang stabil dengan sifat mekanis dan ketahanan penghalang yang baik (Apriliani et al., 2019; Shi et al., 2024).

Kitosan dapat berfungsi sebagai bahan aditif untuk pengawet alami karena aktivitas antimikroba dan antioksidannya yang kuat, yang terutama berasal dari keberadaan gugus amina bebas dalam rantai polimernya. Dalam kondisi asam hingga netral, gugus amina kitosan terprotonasi menjadi bermuatan positif sehingga dapat berinteraksi secara elektrostatik dengan dinding sel mikroorganisme yang bermuatan negatif. Interaksi ini menyebabkan kerusakan integritas membran sel, peningkatan permeabilitas, kebocoran komponen intraseluler, dan akhirnya menghambat pertumbuhan atau membunuh mikroba perusak dan patogen. Komposisi kimia dari kitosan dapat dilihat pada **Tabel II.14**.

Tabel I. 14 Komposisi Kimia dari Kitosan (Ahmed et al., 2025)

Parameter	Nilai
DDA (%)	70 ± 1,2
Protein	1,83 ± 0,21
Abu	0,41 ± 0,02
pH	7,8 ± 0,23
Kadar air	6,54 ± 0,34
Kelarutan	97,32 ± 1,02

I.4.2 Produk

Produk yang akan dihasilkan yaitu berupa biji bioplastik secara spesifik lebih mengarah pada penggunaan kantong kemasan umum yang mampu menahan beban ringan dan lebih cepat terdegradasi. Biji bioplastik umumnya memiliki ukuran diameter 8 mm, dan kadar air sebesar 0,21% sehingga kemurnian biji bioplastiknya yaitu 99,97% tanpa kandungan air, serta memenuhi syarat SNI sebagai plastik *biodegradable* yang ramah lingkungan. Adapun syarat yang perlu dipenuhi dalam pembuatan produk plastik *biodegradable* terdapat pada SNI bioplastik 7188.7-2017 tercantum pada Tabel I.15.

Nantinya terdapat dua jenis produk yang akan dijual yaitu produk utama berupa biji bioplastik dan produk samping berupa ampas teh. Kedua jenis produk tersebut dipasarkan dalam kemasan 50 kg per karung. Produk utama biji bioplastik dengan

kapasitas produksi 30.000 ton/tahun akan dijual dengan harga Rp 180.000,00 per kilogram. Dengan demikian, pendapatan dari penjualan biji bioplastik diperoleh sebesar Rp 5.400.000.000.000,00 per tahun, sedangkan produk samping berupa ampas teh dengan kadar air <0,5% dengan produksi sebanyak 96.395.270,4 kg/tahun di jual dengan harga Rp 8.000,00/kg sehingga diperoleh pendapatan dari penjualan ampas the diperoleh sebesar Rp 771.162.163.200 per tahun. Jadi, harga total penjualan produk biji bioplastik dan ampas the per tahun sebesar Rp 6.171.162.163.200,00. Perhitungan *gross profit* (laba kasar) diperoleh dari selisih antara harga total penjualan produk dengan harga bahan baku total yang diperlukan. Harga bahan baku total yakni Rp 4.238.203.625.908,88. Dengan demikian dapat dihitung *gross profit* (laba kasar) yang diperoleh sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Gross profit (laba kasar)} &= \text{Harga total penjualan produk} - \text{Harga total bahan baku} \\
 &= \text{Rp } 6.171.162.163.200,00 - \text{Rp } 4.238.203.625.908,88 \\
 &= \text{Rp } 1.932.958.537.291,12
 \end{aligned}$$

Tabel I. 15 Standar Nasional Indonesia Plastik Bioplastik SNI 7188.7-2017.

Karakteristik	Nilai
Kuat Tarik (MPa)	1-10
%Elongasi	10-20%
Biodegradasi	100% dalam 60 hari