

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetik yang tidak dapat didegradasi oleh mikroorganisme di dalam tanah secara alami. Hal tersebut menyebabkan penurunan kesuburan tanah yang dapat membahayakan kehidupan makhluk hidup.

Usaha mengurangi pencemaran lingkungan oleh sampah plastik dilakukan dengan cara mendaur ulang plastik, tetapi tidak selamanya plastik dapat terus didaur ulang. Setelah beberapa kali didaur ulang, plastik tersebut kembali menjadi produk buangan. Untuk menyelamatkan lingkungan dari bahaya plastik, saat ini telah dikembangkan plastik biodegradabel. Penggunaan plastik biodegradabel di dalam masyarakat akan semakin meningkat. Industri plastik biodegradabel akan berkembang menjadi industri besar di masa yang akan datang. Dengan menggunakan plastik biodegradabel seperti PLA (*Poly Lactic Acid*), dapat membantu menciptakan lingkungan yang hijau dan melestarikan lingkungan untuk generasi di masa yang akan datang [1].

PLA merupakan plastik biodegradabel yang dihasilkan dari polimerisasi asam laktat. PLA dapat digunakan sebagai pembungkus makanan. Selain itu, PLA juga dapat diaplikasikan untuk membuat botol, popok, rak, dan kantong sampah. Aplikasi terbaru dari PLA adalah dalam bidang medis sebagai kulit buatan.

PLA merupakan komponen paling potensial untuk dikembangkan karena ketersediaan bahan bakunya dapat diambil dari sumber-sumber alam yang dapat diperbarui seperti ubi kayu jenis *Manihot esculenta*. Ubi kayu merupakan salah satu dari tanaman yang keberadaannya sangat melimpah dan harganya pun relatif murah, namun pemanfaatannya hanya terbatas untuk keperluan pangan dan industri bioetanol saja. Ubi kayu dapat diolah menjadi bahan lain yang lebih bermanfaat dan nilai ekonomisnya lebih tinggi, salah satunya adalah sebagai bahan baku dalam pembuatan plastik biodegradabel yang ramah lingkungan. Selain itu, dibandingkan dengan plastik biodegradabel yang lain seperti PHA dan

PHB, penambahan nutrisi pada fermentasi asam laktat untuk menghasilkan PLA lebih mudah. Penambahan nutrisi dan oksigen pada fermentasi untuk menghasilkan PHA maupun PHB harus dibatasi. Jika nutrisi pada fermentasi tercukupi ataupun berlebih maka tidak akan terbentuk PHA maupun PHB [2].

I.2. Tinjauan Pustaka

I.2.1. Polimer

Polimer merupakan suatu material yang memiliki struktur molekul berulang-ulang dari unit struktural atau monomer. Molekul polimer dapat terdiri dari ribuan monomer. Kata polimer berasal dari bahasa Yunani, yaitu *polys* yang berarti banyak dan *meros* yang berarti bagian. Tiga jenis polimer yang paling sering digunakan konsumen adalah plastik, karet, dan serat.

Monomer-monomer dapat berikatan membentuk polimer dengan pengulangan unit untuk membuat molekul yang lebih besar dan lebih panjang, dengan suatu proses kimia yang disebut reaksi polimerisasi. Dua proses polimerisasi dasar yaitu: polimerisasi kondensasi dan polimerisasi adisi [4].

a. Polimerisasi kondensasi

Polimerisasi kondensasi adalah proses pembentukan polimer dimana monomer-monomer saling berikatan dengan cara melepas molekul air, H_2O . Air yang terkondensasi menjadi hasil sampingan dalam polimerisasi ini.

b. Polimerisasi adisi

Polimerisasi adisi adalah proses pembentukan polimer dimana monomer-monomer saling berikatan tanpa hasil sampingan dari reaksi.

I.2.2. Plastik

Pada umumnya, plastik terbuat dari minyak bumi dan bersifat nondegradabel. Plastik sintetis merupakan plastik yang sangat sulit terdegradasi secara alami. Oleh karena itu, plastik sintetis dianggap tidak ramah lingkungan karena sifatnya yang tidak dapat didegradasi secara biologis di dalam tanah dan mencemari tanah. Jika plastik sintetis dihancurkan dengan pembakaran, maka akan dihasilkan gas CO_2 yang akan menyebabkan pemanasan global.

Penggunaan plastik sintetik sangat luas, salah satunya adalah sebagai bahan pengemas. Plastik memiliki berbagai keunggulan seperti fleksibel (dapat mengikuti bentuk produk), ringan, transparan (tembus pandang), dan tidak mudah pecah [3]. Disamping memiliki berbagai kelebihan yang tidak dimiliki oleh bahan kemasan lainnya, plastik juga mempunyai kelemahan yakni, tidak tahan panas (plastik jenis polietilen) dan jika digunakan untuk pembungkus makanan maka dapat mencemari produk akibat migrasi monomer dari plastik ke dalam makanan.

Plastik dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: termoplastik dan termoset. Termoplastik adalah plastik yang menjadi lunak bila dipanaskan dan mengeras kembali bila didinginkan. Dengan cara pemanasan dan pendinginan, termoplastik dapat dibentuk berulang kali. Sedangkan termoset adalah pembentukan plastik secara permanen oleh panas. Termoset akan menjadi lunak jika dipanaskan dan akan menjadi keras jika didinginkan. Apabila plastik termoset telah dibentuk, maka plastik tidak dapat dikembalikan ke bentuk asalnya.

Jenis plastik yang termasuk dalam termoplastik antara lain [4]:

1. *Polyethylene*

Jenis ini paling luas dipergunakan dalam pembuatan plastik karena sangat mudah dibentuk baik untuk bahan yang kaku atau bahan fleksibel, ringan, dan transparan. *Polyethylene* biasa digunakan untuk bahan pembuat botol, mainan anak-anak, dan kantong plastik. Oleh karena itu, sampah plastik yang paling banyak berasal dari jenis *polyethylene*.

2. *Polypropylene*

Merupakan salah satu jenis plastik yang ringan, mudah diproses, dan transparan. *Polypropylene* biasa dipergunakan untuk karpet, tali, dan kantong plastik.

3. *Polystyrene*

Bentuk dari *polystyrene* memiliki ciri-ciri keras, transparan, tidak tahan terhadap lemak dan alkohol, rapuh, dan merupakan isolator yang baik. Biasanya dipergunakan untuk industri elektronik (*casing*) sedangkan *polystyrene* yang berbentuk lembaran dipergunakan untuk konstruksi bangunan.

4. *Polyvinylchloride*

PVC memiliki ciri-ciri transparan, tahan terhadap minyak, alkohol, dan elastis. PVC biasa digunakan untuk pipa air, pipa plastik, dan pipa kabel listrik.

5. *Polyamide*

Polyamide memiliki ciri-ciri tahan terhadap panas sehingga baik digunakan untuk kemasan bahan yang dimasak di dalam kemasannya seperti nasi instan.

6. *Polycarbonate*

Bentuk dari *polycarbonate* memiliki ciri-ciri kuat, transparan, tahan terhadap panas dan lemak. Plastik jenis ini biasanya digunakan untuk botol susu bayi dan botol minum.

Jenis plastik yang termasuk termoset antara lain [4]:

1. Plastik urea

Plastik urea memiliki ciri-ciri kuat, keras, transparan, tahan terhadap panas dan minyak. Plastik urea biasanya diaplikasikan untuk mangkok, piring, dan gelas melamin.

2. Plastik fenol (bakelit)

Plastik fenol memiliki ciri-ciri kuat, keras, tahan terhadap panas, dan umumnya berwarna gelap. Plastik fenol biasanya diaplikasikan untuk isolator.

I.2.3. Plastik Biodegradabel

Salah satu cara yang dapat diterapkan untuk mengurangi efek negatif yang ditimbulkan plastik sintetik adalah dengan membuat plastik biodegradabel. Di beberapa negara maju, plastik biodegradabel telah diproduksi secara komersial, seperti poli hidroksi alkanoat (PHA), poli hidroksi butirat (PHB), dan poli asam laktat (PLA) [2].

Plastik biodegradabel dapat dibuat dengan cara *mixing* dan cara fermentasi. Proses pembuatan plastik biodegradabel dengan cara *mixing* lebih mudah bila dibandingkan dengan cara fermentasi [3]. Proses *mixing* dilakukan dengan mencampurkan antara biji plastik dan *filler* yang berasal dari bahan-bahan alami. Campuran antara plastik dan *filler* tersebut dapat diuraikan mikroorganisme. Penambahan *filler* ke dalam plastik mengakibatkan plastik lebih mudah untuk

didegradasi karena kandungan *filler* yang berupa bahan-bahan alami yang mampu didegradasi oleh mikroorganisme. Tetapi plastik biodegradabel yang dihasilkan dengan proses *mixing* mempunyai kelemahan yaitu lebih lama terdegradasi oleh mikroorganisme daripada plastik biodegradabel yang diproduksi dengan metode fermentasi. Selain itu, bahan baku yang digunakan pada proses *mixing* tidak dapat diperbarui (biji plastik) [6].

Contoh plastik biodegradabel yang biasa diproduksi dengan metode fermentasi adalah poli hidroksi alkanoat (PHA), poli hidroksi butirat (PHB), dan poli asam laktat (PLA). Bahan dasar pembuatan plastik biodegradabel dapat berasal dari pati tumbuhan. Plastik biodegradabel secara fermentasi dapat didegradasi oleh mikroorganisme lebih cepat bila dibandingkan dengan plastik biodegradabel yang dihasilkan dengan proses *mixing*. Selain itu, PLA diproduksi dari bahan alami yang dapat diperbarui [6].

I.2.3.1. Jenis-Jenis Plastik Biodegradabel

Jenis-jenis plastik biodegradabel:

a. Poli hidroksi butirat (PHB)

PHB adalah plastik biodegradabel yang diproduksi sebagai cadangan makanan oleh mikroorganisme seperti *Alcaligenes (Ralstonia) eutrophus* dan *Bacillus megaterium*. PHB sering digunakan untuk botol plastik dan plastik film [5].

b. Poli asam laktat (PLA)

PLA merupakan plastik biodegradabel yang dapat diproduksi menggunakan bahan baku sumber daya alam terbaru melalui proses fermentasi asam laktat. PLA sering digunakan untuk popok bayi sekali pakai, plastik film, botol, dan pembungkus makanan [6].

d. Poli hidroksi alkanoat (PHA)

PHA adalah plastik biodegradabel yang dapat dihasilkan melalui proses fermentasi dengan bantuan bakteri. PHA dapat dibuat dari genus *pseudomonas* seperti *Pseudomonas putida*, *P. oleovorans*, *P. aeruginosa*, *P. mendocina*, *P. stutzeri*, dan *P. Nitroreducens*. Untuk memproduksi PHA dapat menggunakan karbohidrat, asam format, asam asetat, dan asam propionat.

Dari macam-macam plastik biodegradabel yang telah disebutkan di atas maka plastik yang dipilih adalah PLA. Hal tersebut atas dasar pertimbangan bahwa PLA merupakan plastik biodegradabel paling potensial untuk dikembangkan karena ketersediaan bahan bakunya dapat diambil dari sumber-sumber alam yang dapat diperbarui, tahan panas, dan aplikasinya yang luas seperti plastik film, botol, pembungkus makanan, serat pakaian, peralatan makan, popok, dan kantong plastik [6].

I.2.3.2. PLA

Poly Lactic Acid (PLA) berasal dari sumber terbarui melalui proses polimerisasi asam laktat. Asam laktat tersebut bersifat ramah lingkungan, mudah terurai, dan dapat diperbarui. Asam laktat dapat dihasilkan dengan menggunakan bantuan bakteri ataupun jamur. Bakteri atau jamur ini akan mengubah glukosa menjadi asam laktat. Jamur yang dapat digunakan untuk menghasilkan asam laktat berasal dari genus *Rhizopus* yaitu spesies *Rhizopus oryzae* dan *Rhizopus arrhizus*. Sedangkan bakteri yang dapat digunakan untuk menghasilkan asam laktat berasal dari genus *Lactobacillus sp* yaitu spesies *L. bulgaricus*, *L. casei*, *L. plantarum*, dan *L. lactis* [7].

PLA memiliki sifat tahan panas dan elastis. Proses pencetakan PLA menjadi berbagai bentuk kemasan (tas belanja, popok, sendok, dan mangkok) dapat dilakukan sebagaimana halnya proses pencetakan plastik sintesis, karena PLA juga mempunyai sifat-sifat mekanis yang mirip dibandingkan plastik sintesis, terutama dengan *polyethylene* (PE). Hal tersebut merupakan salah satu keunggulan PLA. Selain itu, PLA memiliki beberapa kelebihan seperti tahan terhadap lemak, transparan, dan dihasilkan dari bahan baku yang dapat diperbarui sehingga mudah terurai [8].

Berbagai kelebihan yang dimiliki PLA membuat PLA dapat diaplikasikan pada berbagai bidang industri seperti popok bayi sekali pakai, plastik film, botol, pembungkus makanan, serat pakaian, peralatan makan, kantong plastik, komponen mobil, dan pengemas untuk *dairy product*. Selain itu PLA juga dapat diaplikasikan pada bidang biomedis [9].

I.2.4. Ubi Kayu

Ubi kayu dapat tumbuh dengan baik pada ketinggian 0-1500 meter dari permukaan air laut di daerah tropis dan subtropis. Komposisi kimia ubi kayu dapat dilihat pada Tabel I.1.

Tabel I.1. Komposisi Kimia Ubi Kayu [3]

Penyusun	Komposisi (per 100g)
Protein (g)	0,8
Lemak (g)	0,3
Karbohidrat (g)	37,9
Kalsium (mg)	33,0
Fosfor (mg)	40,0
Besi (mg)	0,7
Vitamin B ₁ (mg)	0,06
Vitamin C (mg)	30,0
Air (g)	60,0

Ubi kayu merupakan sumber daya alam lokal Indonesia. Ubi kayu dikenal di Indonesia dengan nama lain ketela pohon atau singkong. Ubi kayu memiliki nama latin *Manihot esculenta*. Klasifikasi ubi kayu (*Manihot esculenta*) [3]:

Kingdom : *Plantae*
 Divisi : *Spermatophyta*
 Subdivisi : *Angiospermae*
 Kelas : *Dicotyledonae*
 Famili : *Euphorbiaceae*
 Genus : *Manihot*
 Spesies : *esculenta*

Ubi kayu di Indonesia masih digolongkan sebagai hasil pertanian sekunder, karena sebagian besar masyarakat Indonesia masih mengutamakan beras sebagai makanan pokok. Walaupun sebagai hasil pertanian sekunder, tetapi produksi ubi kayu lebih tinggi apabila dibandingkan dengan jagung dan ubi jalar yang juga berperan sebagai hasil pertanian sekunder [3]. Produksi beberapa hasil pertanian sekunder per tahun di Indonesia dapat dilihat pada tabel I.2 [10].

Tabel I.2. Produksi Beberapa Hasil Pertanian Sekunder di Indonesia [10]

Tahun	Produksi (ton/tahun)		
	Ubi Kayu	Ubi Jalar	Jagung
2007	19.988.058	1.886.852	13.287.527
2008	21.756.991	1.881.761	16.317.252
2009	22.375.949	2.027.495	17.659.067

Pada Tabel I.2 dapat dilihat bahwa produksi ubi kayu Indonesia lebih banyak dibandingkan dengan ubi jalar dan jagung. Hal tersebut menunjukkan bahwa ubi kayu berpotensi besar untuk dimanfaatkan menjadi produk olahan lain, baik pangan atau non pangan. Salah satunya adalah pengembangan PLA dari ubi kayu. Salah satu pemanfaatan ubi kayu yang belum banyak dilakukan adalah dengan memprosesnya menjadi bahan baku plastik biodegradabel. Alasan utama penggunaan ubi kayu sebagai bahan baku pembuatan PLA adalah karena ketersediaan ubi kayu yang melimpah dibandingkan dengan hasil pertanian sekunder lainnya (ubi jalar dan jagung), harga ubi kayu yang relatif murah, berkisar antara Rp.100-Rp.300 per kg. Ketersediaan ubi kayu yang melimpah dan harga yang murah dapat dimanfaatkan untuk pembuatan PLA.

Peranan ubi kayu dalam pembuatan PLA adalah sebagai sumber glukosa yang merupakan bahan utama fermentasi asam laktat. Asam laktat tersebut kemudian dipolimerisasi menjadi PLA. Dalam perkembangan dunia kemasan biodegradabel, Amerika telah memproduksi PLA dengan bahan dasar jagung. Bahan baku jagung tersebut digunakan karena produksi jagung di Amerika cukup melimpah, sehingga selain untuk produk pangan, jagung dimanfaatkan untuk pembuatan PLA sebagai plastik biodegradabel. Panen ubi kayu dapat dilakukan sepanjang tahun dan dapat dipanen 6-9 bulan setelah ditanam, sedangkan panen raya terjadi antara bulan Juni sampai Agustus. Ubi kayu hanya dapat dipanen dalam kurun waktu maksimal 3 bulan setelah waktu panen. Bila lebih dari 6 bulan maka umbi akan penuh dengan racun sianida dan akhirnya akan menjadi akar biasa yang tidak mengandung pati [11].

I.3. Hidrolisa Asam

Pada prarencana pabrik ini digunakan hidrolisa asam untuk mengambil pati dari ubi kayu. Alasan penggunaan hidrolisa asam karena lebih murah bila dibandingkan dengan hidrolisa menggunakan enzim. Selain itu, proses hidrolisa asam lebih cepat daripada hidrolisa basa [6].

I.4. Pati

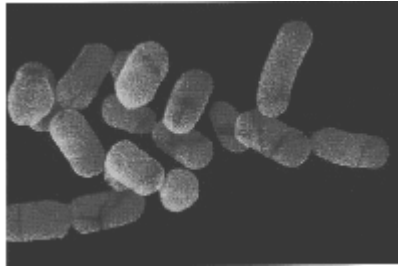
Karbohidrat terdiri dari pati dan glukosa. Pati dapat diperoleh dari berbagai macam tumbuhan. Sumber pati dapat berasal dari jagung, kentang, ketela, dan gandum (*wheat*). Pati terdiri dari amilosa dan amilopektin. Rumus molekul amilosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_{1235}$. Sedangkan rumus molekul amilopektin adalah $(C_6H_{10}O_5)_{494}$ [3].

I.5. Bakteri Asam Laktat

Bakteri asam laktat dapat mengubah pati menjadi asam laktat melalui proses yaitu melalui proses fermentasi (glukosa menjadi asam laktat). Contoh bakteri asam laktat yang dapat digunakan adalah *Lactobacillus acidophilus*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus brevis*, *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus manihotivorans*, *Lactobacillus fermentum*, dan *Lactobacillus amilophilus*. Diantara bakteri asam laktat tersebut, dipilih bakteri *Lactobacillus plantarum* karena merupakan bakteri asam laktat yang memenuhi kriteria utama dalam fermentasi. Kriteria utama yang harus dipenuhi dalam fermentasi menggunakan bakteri asam laktat adalah pertumbuhan bakterinya cepat, cepat menghasilkan asam laktat, dapat tumbuh pada temperatur maksimum 50°C, dan dapat tumbuh pada media fermentasi yang kadar airnya rendah [12]

Lactobacillus plantarum dapat tumbuh pada kondisi anaerob tetapi juga dapat tumbuh dengan adanya sedikit oksigen. pH optimum untuk pertumbuhan *Lactobacillus plantarum* adalah 4,5-6,5. *Lactobacillus plantarum* dapat tumbuh optimum pada suhu 30-45°C. Selain itu, *Lactobacillus plantarum* termasuk bakteri homofermentatif yang hanya menghasilkan asam laktat sebagai produk utama (\pm 90-95%) dan hasil samping dengan jumlah yang sangat kecil, berbeda

dengan bakteri heterofermentatif yang menghasilkan asam laktat (50%), etanol, dan karbondioksida. Pada saat proses fermentasi, ditambahkan nutrisi amonium hidroksida (NH_4OH) yang diperlukan oleh bakteri *Lactobacillus plantarum* untuk mencapai pertumbuhan yang optimum [12].



Gambar 1.1. *Lactobacillus plantarum* [13]

I.6. Asam Laktat ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$)

Asam laktat terdapat secara alami dalam berbagai produk yang dibuat melalui proses fermentasi, seperti susu asam (*yoghurt*, *buttermilk*) dan *wine*. Asam laktat juga terdapat dalam jaringan tubuh manusia dan hewan, yang merupakan hasil metabolisme karbohidrat dan berfungsi sebagai penyedia energi untuk jaringan otot. Asam laktat tidak memiliki bau dan aman jika digunakan untuk bahan makanan. Asam laktat terdiri dari *L* (+) *lactic acid*, *D* (-) *lactic acid* ataupun dalam bentuk rasemik (campuran keduanya). *D* (-) *lactic acid* merupakan asam laktat yang berbahaya bagi manusia. Sedangkan *L* (+) *lactic acid* merupakan asam laktat yang biasa digunakan pada industri makanan, karena manusia hanya memiliki enzim *L-lactate dehydrogenase* yang dapat memetabolisme *L* (+) *lactic acid*.

Penggunaan asam laktat dalam industri sangat luas, baik dalam industri makanan dan minuman, farmasi maupun kosmetika. Dalam industri makanan dan minuman, asam laktat banyak digunakan sebagai bahan pengasam dan pengawet. Dalam industri farmasi, asam laktat digunakan dalam pembuatan cairan infus dan pembuatan antibiotika. Dalam industri kosmetika, asam laktat digunakan, antara lain dalam *moisturizing cream* untuk mencegah kekeringan pada kulit. Selain itu asam laktat juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan plastik biodegradabel.

Asam laktat dapat diperoleh dari bahan baku seperti molase, *beet*, gula tebu, dan bahan baku lainnya yang kaya karbohidrat [14].

I.7. Metanol

Metanol yang juga dikenal sebagai metil alkohol adalah senyawa kimia dengan rumus CH_3OH . Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Metanol berbentuk cairan mudah menguap, tidak berwarna, dan mudah terbakar. Metanol digunakan sebagai bahan pendingin, pelarut, dan sebagai bahan aditif bagi etanol industri.

Sifat fisika metanol, metanol merupakan cairan tidak berwarna dan memiliki aroma yang khas, titik leleh -98°C , titik didih $64,7^\circ\text{C}$, *specific gravity* 0,791, serta *flash point* 11°C [15].

I.8. Timah

Timah ada dua macam yaitu timah putih (Sn) dan timah hitam/timbal (Pb). Pada prarencana pabrik ini digunakan timah putih, yang berfungsi sebagai katalis pada proses polimerisasi asam laktat menjadi PLA. Timah berbentuk padat dan berwarna abu-abu keperakan. Sifat fisika timah, titik leleh 232°C , titik didih 2.507°C , *specific gravity* 7,31 [16].

I.9. Eter

Eter merupakan cairan tak berwarna yang mudah menguap dan mempunyai bau yang khas. Eter mempunyai manfaat sebagai pelarut dalam proses ekstraksi dan anestesi pada proses operasi. Sifat fisika eter adalah sebagai berikut *specific gravity* 0,7134, titik leleh $-116,3^\circ\text{C}$. Pada prarencana pabrik ini digunakan dietil eter dengan rumus molekul $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O}$ [17].

I.10. HCl

HCl merupakan cairan tak berwarna yang mudah menguap. Sifat fisika HCl adalah titik leleh -25°C , titik didih 109°C , *specific gravity* 0,19. Pada prarencana pabrik ini HCl digunakan untuk proses hidrolisa pati menjadi glukosa. Pada

proses hidrolisa pati menjadi glukosa, digunakan HCl sebagai *hidrolizing agent*, karena HCl memiliki kemampuan menghidrolisa pati yang tinggi (prosesnya cepat) [18].

I.11. Kapasitas Produksi

PLA dapat diaplikasikan pada berbagai bidang industri seperti komponen mobil, komponen alat elektronik, dan popok bayi sekali pakai. Pada prarencana pabrik ini, PLA yang diproduksi ditujukan sebagai bahan baku dalam proses pembuatan popok bayi sekali pakai dengan berat molekul yang rendah. Berat molekul PLA yang rendah tersebut tidak berbahaya bagi tubuh manusia. Bila berat molekul PLA tinggi, maka dapat meningkatkan sensitivitas kulit sehingga dapat menimbulkan alergi kulit. Selain itu, proses pembuatan popok bayi sekali pakai, pada umumnya menggunakan polietilen sebagai bahan baku. Popok bayi yang terbuat dari plastik sintetik sulit untuk didegradasi dan berasal dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbarui. Oleh sebab itu, PLA menjadi alternatif pengganti bahan baku popok bayi sekali pakai karena PLA ramah lingkungan, tidak berbahaya bagi kesehatan, dan berasal dari sumber alam yang dapat diperbarui.

Untuk menentukan kapasitas produksi PLA, dibutuhkan data kebutuhan bayi yang menggunakan popok bayi sekali pakai. Untuk mengetahui kebutuhan popok, maka dilakukan pembagian angket kepada ibu rumah tangga yang sudah memiliki anak. Angket tersebut berisi:

1. Apakah anda mempunyai bayi?
2. Berapa usia anda?
3. Apakah pekerjaan anda?
4. Berapa usia bayi anda?
5. Apakah bayi anda menggunakan popok bayi sekali pakai?
6. Berapa popok bayi sekali pakai yang digunakan per hari?
7. Mana yang lebih disukai popok bayi sekali pakai atau popok kain?
8. Mengapa anda lebih menyukai popok bayi sekali pakai?

Angket yang dibagikan : 50 lembar

Kisaran usia responden : 25 – 35 tahun

Lokasi penyebaran angket : Surabaya

Lokasi penyebaran angket hanya dilakukan di Surabaya saja, karena penduduk Surabaya dianggap sudah dapat mewakili penduduk Jawa Timur. Penduduk Surabaya dapat mewakili penduduk Jawa Timur, karena penduduk di Surabaya lebih banyak dibandingkan dengan wilayah lain di Jawa Timur.

1 orang responden mempunyai 1 bayi

Bayi responden angket berusia 0-36 bulan (batita)

Persentase jumlah responden yang menggunakan popok bayi sekali pakai:

48% menjawab ya (24 orang → 24 bayi)

52% menjawab tidak (26 orang → 26 bayi)

Jumlah popok bayi sekali pakai berdasarkan angket yang telah disebarkan dapat dilihat pada Tabel I.3.

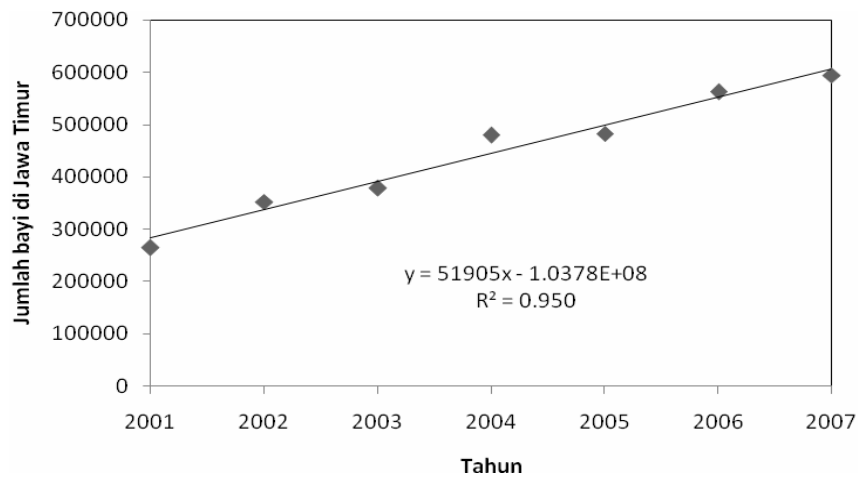
Tabel I.3. Jumlah Popok Bayi Sekali Pakai yang Dipakai Per Hari

Jumlah popok yang dipakai/hari	Jumlah responden	Total
1	0	0
2	1	2
3	1	3
4	3	12
5	3	15
6	3	18
7	5	35
8	6	48
9	2	18
Total		151

$$\begin{aligned}
 \text{Jumlah popok bayi sekali pakai yang dipakai per hari} &= \frac{151 \text{ popok/hari}}{24 \text{ bayi}} \\
 &= 6,2917 \text{ popok/hari . bayi} \\
 &= 6 \text{ popok/hari . bayi}
 \end{aligned}$$

Lokasi pemasaran : Jawa Timur

Lokasi pemasaran popok bayi sekali pakai dengan bahan baku PLA yang dipilih pada prarencana pabrik PLA dari ubi kayu adalah Jawa Timur. Oleh karena itu, data jumlah bayi di Jawa Timur menurut BPS pada tahun 2001 – 2007 dapat dilihat pada Gambar 1.2.



Gambar 1.2. Jumlah bayi di Jawa Timur menurut BPS pada tahun 2001 – 2007

Dari data tersebut kemudian dilinearkan sehingga didapatkan persamaan:

$$y = -1,0378 \cdot 10^8 + 51.905 x$$

dimana $y \rightarrow$ jumlah bayi

$x \rightarrow$ tahun

Sehingga jumlah bayi di Jawa Timur pada tahun 2011 diperkirakan adalah

$$y = -1,0378 \cdot 10^8 + (51.905 \times 2011)$$

$$= 600.955 \text{ bayi}$$

Jumlah bayi di Jawa Timur yang akan menggunakan popok bayi sekali pakai pada tahun 2011

$$= 48\% \times 600.955 \text{ bayi}$$

$$= 288.458 \text{ bayi}$$

Jumlah popok bayi sekali pakai yang digunakan Jawa Timur pada tahun 2011

$$= 6^{\text{popok/hari}} \cdot \text{bayi} \times 288.458 \text{ bayi}$$

$$= 1.730.748 \text{ popok/hari}$$

Berat plastik yang ada di dalam popok bayi sekali pakai: 10 gr/popok [19]

Plastik yang dibutuhkan untuk membuat popok bayi sekali pakai:

$$10 \text{ gr/popok} \times 1.730.748 \text{ popok/hari} = 17.307.480 \text{ gr/hari} = 6.057,618 \text{ ton/tahun}$$

60% dari bahan baku plastik yang digunakan untuk memproduksi popok bayi sekali pakai di Indonesia, diproduksi oleh P.T. Polychem Indonesia Tbk dan sisanya sebesar 40% dihasilkan oleh 7 perusahaan lain, seperti P.T. Indonesia Toray Synthetics, P.T. Polykilatex, P.T. REXA Polymer Perkasa, P.T. Tifico, P.T. Surya Mas Plastik, P.T. Kuma fiber, dan P.T. Polyfin [20]. Dengan asumsi ke-7 perusahaan tersebut dan perusahaan PLA dalam pra rencana pabrik ini memiliki kapasitas produksi yang sama besar, maka kapasitas produksi untuk masing-masing perusahaan adalah $40\% : 8 = 5\%$. Jadi, kapasitas produksi pada prarencana pabrik PLA dari ubi kayu adalah $5\% \times 6.057,618 \text{ ton/tahun} = 303 \text{ ton/tahun} \approx 300 \text{ ton/tahun}$ (1000 kg/hari).

Produksi ubi kayu tiap tahun di Indonesia semakin meningkat dan dapat dipastikan tidak akan terjadi kekurangan bahan baku untuk prarencana pabrik PLA ini. Produksi ubi kayu tiap tahun di Indonesia dapat dilihat pada Tabel I.4.

Tabel I.4. Produksi Ubi Kayu Tiap Tahun di Indonesia [10]

Tahun	Produksi ubi kayu (ton/tahun)
2007	19.988.058
2008	21.756.991
2009	22.375.949

Selama ini, produksi ubi kayu tersebut hanya digunakan untuk pembuatan bioetanol dan bahan pangan (pembuatan tepung tapioka dan dikonsumsi masyarakat). Ubi kayu yang digunakan untuk produksi bioetanol di Indonesia sebesar $\pm 1.205.000 \text{ ton}$ per tahun (tahun 2009), sedangkan ubi kayu yang digunakan untuk bahan pangan $\pm 3.395.000 \text{ ton}$ per tahun (tahun 2009) [10]. Total ubi kayu yang digunakan adalah $4.600.000 \text{ ton}$ per tahun (tahun 2009) sehingga

ubi kayu yang belum dimanfaatkan sebesar 17.775.949 ton per tahun (tahun 2009).

Ubi kayu yang digunakan pada prarencana pabrik PLA ini adalah 17.486 kg per hari = 5.245,8 ton per tahun (0,03% dari total ubi kayu yang belum dimanfaatkan).