ISSN: 1412-8888

Jurnal AGRIBISNIS DAN INDUSTRI PERTANIAN

VOLUME 3, NOMOR 2, Oktober 2004

Isolasi Mikrobia Yang Berperan Pada Proses Degumming Serat Ramie (*Boehmeria nivea* L.) (Merynda Indriyani Syafutri dan Parwiyanti)

Pembuatan *Polylactic Acid* (Pla) Menggunakan Bahan Asam Lemak Bebas Dari Minyak Sawit Melalui Metode Fermentasi Bertingkat (Basuni Hamzah)

Pembuatan Mie Dengan Berbagai Bahan Alternatif Sebagai Usaha Deversifikasi Pangan (Sugito)

Analisis Mutu Fisik Beras Pada Berbagai Varietas Padi dan Cara Pengeringan Gabah di Lahan Pasang Surut (Amin Rejo, Endo Argo Kuncoro, dan Rama Melati)

Evaluasi Dampak Kebijakan Pemerintah Dan Faktor Eksternal Terhadap Kinerja Pasar Kerja Sektor Pertanian dan Non Pertanian Pada Periode Krisis Ekonomi di Indonesia (Dessy Adriani)

Kajian Teknologi Ekstraksi Minyak Lengkuas Merah (*Alpinia galanga L Swartz*) (Ermiati, Basuni Hamzah dan Gatot Priyanto)

Pola Konsumsi Pangan Rumah Tangga di Sumatera Selatan (Mewa Ariani dan Gatoet Sroe Hardono)

Diterbitkan Oleh:
Program Studi Agribisnis Program Pascasarjana,
Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian,
dan Jurusan Teknologi Pertanian,
Fakultas Pertanian - Universitas Sriwijaya

ISSN: 1412-8888

JURNAL

AGRIBISNIS DAN INDUSTRI PERTANIAN

VOLUME 3, NOMOR 2, Oktober 2004

DAFTAR ISI

Halaman

Isolasi Mikrobia Yang Berperan Pada Proses Degumming Serat Ramie (*Boehmeria nivea* L.) (Merynda Indriyani Syafutri dan Parwiyanti) (1-6)

Pembuatan *Polylactic Acid* (Pla) Menggunakan Bahan Asam Lemak Bebas Dari Minyak Sawit Melalui Metode Fermentasi Bertingkat (*Basuni Hamzah)* (7-14)

Pembuatan Mie Dengan Berbagai Bahan Alternatif Sebagai Usaha Deversifikasi Pangan (Sugito) (15-18)

Analisis Mutu Fisik Beras Pada Berbagai Varietas Padi dan Cara Pengeringan Gabah di Lahan Pasang Surut (Amin Rejo, Endo Argo Kuncoro, dan Rama Melati) (19-28)

Evaluasi Dampak Kebijakan Pemerintah Dan Faktor Eksternal Terhadap Kinerja Pasar Kerja Sektor Pertanian dan Non Pertanian Pada Periode Krisis Ekonomi di Indonesia (Dessy Adriani) (29-33)

Kajian Teknologi Ekstraksi Minyak Lengkuas Merah (*Alpinia galanga L Swartz*) (Ermiati, Basuni Hamzah dan Gatot Priyanto) (34-41)

Pola Konsumsi Pangan Rumah Tangga di Sumatera Selatan (Mewa Ariani dan Gatoet Sroe Hardono) (42-51)

0 7 0 5 0 1 0 4 0 1 0 5 0 0 0 2 8
Prodi | Publikasi | Penulis | Tahun | Sumber | Dana

PEMBUATAN *POLYLACTIC ACID* (PLA) MENGGUNAKAN BAHAN ASAM LEMAK BEBAS DARI MINYAK SAWIT MELALUI METODE FERMENTASI BERTINGKAT

Basuni Hamzah

Program studi Agribisnis Program Pascasarjana UNSRI Jl. Padang Selasa No. 534 Palembang 30139

ABSTRACT

Free fatty acids extracted from crude palm oil can be a source of substrate to produce lactic acid through processes of fermentation. The lactic acid converted to lactide and then the end product of polylactic acid (PLA). The aim of the research was to study the effects of various concentration of *Clostridium sporogenes* culture and various concentration of lactic combination culture of *Leuconostoc mesentroides, Lactobacillus brevis, Pediococcus cerevisiae*, and *Lactobacillus plantarum* on lactic acid yield. In this experiments, the effect of various treatments of $CuCl_2$ catalist and conditions of polymerization processes on polylactic acid yield and its caracteristics also were intensively studied.

The results of experiment showed that the lactic acid yield reached as high as 60 percent through two stage fermentations. The average polylactic acid yield was 32.16 percent. The polylactic acid had an average molecular weight of 105.000 and an average tensile strength of 1,84 kgf/mm^2.

1. PENDAHULUAN

Asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak sawit tidak diinginkan keberadaannya. Akan tetapi kenyataannya minyak sawit yang dihasilkan di Indonesia masih tinggi kandungan asam lemak bebasnya. Di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) khususnya pada pembuatan minyak sawit kasar (crude palm oil), asam lemak bebas tersebut dipisahkan dengan tujuan untuk memenuhi persyaratan mutu ekspor dengan kadar asam lemak bebas lebih kecil dari atau sama dengan 4 persen. Semula kandungan asam lemak bebas CPO yang dihasilkan PKS perkebunan besar swasta di Indonesia berkisar 6 persen sampai dengan 7 persen. Bahkan ada PKS yang menghasilkan CPO yang kandungan asam lemak bebasnya mencapai 9 persen. CPO yang dihasilkan PKS ni tidak diekspor, tapi diproses di dalam negeri untuk pembuatan minyak goreng curah dan minyak goreng bermerek. Baik PKS yang menghasilkan CPO yang memenuhi persyaratan ekspor maupun pabrik minyak goreng melakukan pemisahan asam lemak bebas. Asam lemak bebas hasil pemisahan, ada sebagian yang dibuat sabun padat, tapi sebagian besar tidak dimanfaatkan. Pembuatan sabun padat semakin tidak ekonomis dan kalah bersaing dengan sabun deterjen yang semakin murah dan penggunaan yang sangat praktis.

Karena itu, dalam penelitian ini dilakukan studi yang mendalam tentang pemanfaatan asam lemak bebas tersebut untuk dibuat polimer *polylactic acid* (PLA). Pada awal yaitu berupa fermentasi anaerobik asam lemak bebas menggunakan kultur *Clostridium sporogenes* yang dilanjutkan dengan fermentasi yang menggunakan kulture kombinasi *Leuconoctoc mesentroides, Lactobacillus brevis, Pediococcus cerevisie*, dan *Lactobacillus plantarum* sehingga dihasilkan asam laktat dengan rendemen tinggi. Kemudian asam laktat tersebut dibentuk dimer laktida dengan menggunakan katalis $CuCl_2$, yang dilanjutkan dengan pembentukan polimer *polylactic acid* (PLA) dengan berat molekul lebih besar dari 100.000.

II. METODE PENELITIAN

1. Masalah Penelitian dan Metodologi

Selama ini plastik pengemas produk pangan di Indonesia menggunakan bahan pemlastis sintetis antara lain *Dioctyl Pthalic Acid* (DOPA). Jenis pemlastis ini sudah tidak digunakan di negara-negara yang sudah maju, dengan alasan bahwa pemlastis ini sangat sulit terbiodegradasi. Demikian juga bahan plastik utamanya, karena menggunakan pemlastis sintetis tersebut menjadi lebih sulit terbiodegradasi secara keseluruhan. Di samping itu, penelitian ilmiah menunjukkan bahwa senyawa DOPA tersebut merupakan senyawa toksik, bahkan karsinogenik. Karena itu, dalam penelitian ini dilakukan percobaan-percobaan yang sangat intensif untuk mendapatkan pemlastis *polylactic acid* (PLA) yang berbahan baku utama alami bersumberdaya lokal khususnya asam lemak bebas yang terdapat pada minyak sawit kasar (Crude Palm Oil). Asam lemak bebas yang terdapat di minyak sawit kasar tidak dikehendaki, karena dapat menurunkan mutu ekspor (standar mutu ekspor

minyak sawit kasar antara lain kandungan asam lemak bebas-nya harus lebih rendah dari 4 persen). Pabrik minyak sawit kasar di Indonesia masih banyak yang menghasilkan minyak sawit kasar dengan kandungan asam lemak bebas 7 persen, bahkan 10 persen. Karena itu ,asam lemak bebas tersebut dapat dimanfaatkan melalui pemisahan, sehingga minyak sawit kasar dapat memenuhi standar ekspor yaitu kandungan asam lemak bebas di bawah 4 persen. Selama ini minyak sawit kasar yang tidak memenuhi standar ekspor diolah di dalam negeri untuk dibuat minyak goreng, dengan hasil samping berupa sabun natrium karboksilat (oleat palmitat) yang semakin jenuh penggunaannya.

Fokus penelitian ini yaitu membuat bahan pemlastis berupa *polylactic acid* (PLA) untuk plastik biodegradasi. Bahan awal yang utama dalam pembuatan pemlastis tersebut adalah yang berasal dari hasil samping produk nabati yaitu asam lemak bebas yang biasa terdapat pada minyak sawit. Pada penelitian ini, asam lemak bebas dilakukan dua kali proses fermentasi. Permentasi pertama yaitu substrat asam lemak bebas difermentasi oleh kultur *Clostridium sporogenes*, kemudian dilanjutkan ke proses fermentasi kedua oleh kultur *Leuconostoc mesentroides, lactobacillus brevis, pediococcus cerevisiae*, dan *Lactobacillus plantarum* dengan perbandingan sel 1:1:1:1.

Produk akhir dari kedua fermentasi tersebut adalah asam laktat. Kemudian asam laktat tersebut dibentuk dimer laktida yang dilanjutkan dengan polimerisasi pembentukan *polylactic acid* (PLA). Rincian proses pembentukan PLA diuraikan selanjutnya pada metode penelitian di bawah ini. Pada [eme;itian lanjutan nanti PLA tersebut diblending dengan nilon yang kemudian dilakukan pengujian karakteristik dan biodegradasi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorim Kimia Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian dan Laboratorium Pascasarjana, Universitas Sriwijaya. Penelitian ini dilaksanakan sejak bulan Februari 2004 sampai dengan bulan Nopember 2004.

Metode penelitian ini adalah sebagai berikut:

1.1. Tahap Pembuatan Asam Laktat Melalui

1.2. Proses Fermentasi Asam Lemak Bebas

1.2.1. Pengambilan Sampel Limbah Setengah Cair (sludge)

Tahap pertama ini diawali dengan pengambilan sampel limbah setengah cair (sludge) yang secara alami mengandung bakteri *Clostridium sporogenes* yang terdapat di limbah pabrik minyak kelapa sawit dan limbah pabrik minyak goreng. Kemudian sampel berupa *sludge* tersebut dipanaskan pada temperatur 70°C.

1.1.2. Isolasi dan Identifikasi Bakteri *Clostridium sporogenes*

Bakteri *Clostridium Sporogenes* diisolasi menggunakan media Nutrient Agar (yang terdiri atas *Beef Extract* 3,0 gram, *tripton* 5,0 gram, agar 15 gram, dan *aquadest* 1 liter) yang ditambah dengan asam lemak bebas 5 persen, yang diinkubasikan pada temperatur 35°C selama 72 jam pada kondisi anaerobik yaitu melalui pengemasan petridish menggunakan komposit plastik *multilayer* NY15/PE15/LLDPE40/DUAF40 dan diberi gas CO_2, ditutup dengan alat penutup plastik. Bakteri yang tumbuh dilakukan identifikasi.

1.2.2. Persiapan kultur *Clostridium sporogenes*

Selanjutnya bakteri *Clostridium sporogenes* yang telah didapatkan dilakukan dua kali propagasi dalam tabung reaksi menggunakan media *nutrient broth* yang terdiri atas *Beef Extract* 3 gram, *tripton* 5 gram, dan *aquadest* 1 liter, serta ditambah dengan 5 persen asam lemak bebas yang diinkubasikan pada temperatur 35°C selama 72 jam pada kondisi anaerobik menggunakan kemasan plastik khusus NY15/PE15/LLDPE40/DUAF40 dan diberi gas CO_2, ditutup menggunakan alat penutup plastik. Kemudian dilakukan perbanyakan kultur *Clostridium sporogenes* yang juga menggunakan media *nutrient broth* yang ditambah dengan 5 persen asam lemak bebas sehingga didapatkan 20 liter kultur yang siap untuk digunakan pada proses fermentasi asam lemak bebas.

1.1.4. Persiapan Substrat Asam Lemak Bebas

Bahan utama berasal dari minyak sawit kasar yang didapatkan melalui proses *steaming* yang dilanjutkan dengan pengepresan (2000 kgf/cm^2) buah sawit matang, yang dilanjutkan dengan pemisahan minyak sawit kasar dari*sludge* menggunakan sentrifugasi dengan kecepatan 5000 RPM pada kondisi temperatur 35°C selama 5 menit. Minyak sawit kasar terdapat pada bagian atas

Sedangkan bahan utama yang digunakan pada pembuatan asam laktat yaitu asam lemak bebas yang didapatkan melalui proses pemisahan asam lemak bebas yang terdapat di dalam minyak sawit kasar menggunakan proses sentrifugasi dengan kecepatan 25000 RPM pada kondisi temperatur 35°C selama 10 menit. Asam lemak bebas terdapat pada bagian atas dan diambil menggunakan pipet.

1.1.5. Fermentasi Menggunakan Kultur *Clostridium sporogenes*

Selanjutnya asam lemak bebas yang didapatkan diberi lesitin 2 persen dan kultur *Clostridium sporogenes* (2,5 persen, 5 persen, dan

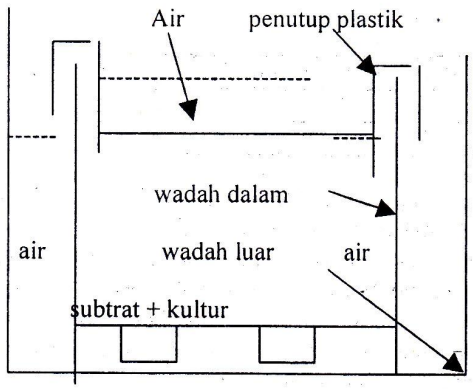
7,5 persen) kemudian dilakukan pengadukan sehingga merata, yang selanjutnya diinkubasikan pada temperatur 35°C selama 7 hari pada kondisi anaerobik menggunakan gas CO_2 dengan kemasan NY15/PE15/LDPE40/DUAF40. Setelah proses tersebut selesai, hasil fermentasi tersebut disterilisasi menggunakan *autoclave*.

1.1.6. Persiapan Kultur Bakteri Laktat

Bakteri laktat yang digunakan pada proses fermentasi lanjut ini digunakan biakan murni bakteri *Leuconostoc mesentroides, Lactobacillus brevis, Pediococcus cerevisiae,* dan *Lactobacillus plantarum* yang diisolasi dari produk fermentasi kubis. Bakteri-bakteri tersebut dipropagasi menggunakan media *nutrient broth* yang terdiri atas *beef extract* 3,0 gram, *tripton* 5,0 gram, glukosa 10 gram, produk fermentasi pertama 2,5 gram dan *aquadest* 1 liter diinkubasikan pada temperatur 18°C selama 72 jam, kemudian diperbanyak dengan media dan kondisi yang sama sehingga didapatkan kultur sebanyak 20 liter kultur campuran dengan perbandingan sel 1:1:1:1.

1.1.7. Persiapan Fermentor Fermentasi Laktat

Bakteri-bakteri laktat tersebut tumbuh optimal pada kondisi pH 4, anaerobik dan temperatur inkubasi 18°C, karena itu fermentor khusus diperlukan pada proses ini. Proses fermentasi ini dilakukan pada fermentor khusus yang menggunakan penutup air (*water sealing fermentor*) seperti terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1. *Water Sealing Fermentor*

1.1.8. Proses Fermentasi Laktat

Fermentasi lanjut ini dilakukan pada temperatur 18°C selama 21 hari pada kondisi anaerobik. Setelah fermentasi secara keseluruhan selesai, hasil fermentasi dilakukan sterilisasi, dan pemisahan asam laktat menggunakan sentrifugasi dengan kecepatan 5000 RPM. Asam laktat terdapat pada bagan atas yang dapat diambil menggunakan pipet. Asam laktat yang dihasilkan dianalisis menggunakan HPLC.

1.2. Tahap Pembuatan Dimer Laktida dan Polimer *Polylactic Acid* (PLA)

1.2.1. Persiapan Katalis

Persiapan polimerisasi diawali dengan perlakuan terhadap katalis $CuCl_2$. 2,5 gram katalis $CuCl_2$ direndam dalam 5 ml asam laktat pekat pada kondisi 1 atmosfir, temperatur 25°C dan pH 4, selama 12 jam.

1.2.3. Proses Pembentukan Dimer Laktida

Pembentukan dimer laktida menggunakan bahan asam laktat (200 ml) hasil fermentasi dan menggunakan katalis yang telah dipersiapkan sebelumnya. Kondisi pembentukan dimer laktida pada temperatur 70°C, 1 atmosfir pada pemanasan *water bath* yang disertai pengadukan terus menerus menggunakan agitator listrik *double blade* (0,5 cm), 30 RPM. Pengamatan dilakukan terhadap kekentalan bahan menggunakan viscosimeter. Setelah kekentalan bahan mencapai 250 poise, proses pembentukan dimer laktida selesai. Pengujian kimia dilakukan menggunakan HPLC.

1.2.3. Proses Pembentukan *Polylactic acid* (PLA)

Kemudian dilanjutkan dengan proses polimerisasi atau pembentukan *polylactic acid* (PLA). Bahan dimer laktida dimasukkan ke dalam oven dengan setting temperatur 70°C selama 6 jam sehingga terbentuk PLA yang bersifat plastis. Produk yang dihasilkan dilakukan pengujian pengujian kimia (HPLC), berat molekul berdasarkan viskositas, dan uji tarik (tensil strength).

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Isolasi dan Identifikasi Mikroorganisme

Kultur yang digunakan adalah biakan murni bakteri anaerobik yang diambil dari limbah pabrik minyak goreng dan limbah pabrik kelapan sawit. Sampel limbah diambil pada bagian bawah permukaan. Pada persiapan penanganan sampel limbah dipanaskan 70°C selama 15 menit, sehingga sel mikroorganisme akan sebagian besar mati, akan tetapi spora masih tetap hidup. Sampel limbah yang telah dipanaskan tersebut diinokulasikan pada petridish yang sudah disiapkan media nutrinet agar dan diberi asam lemak bebas, kemudian diinkubasikan pada kondisi anaerobik melalui pengemasan petridish dengan plastik

NY15/LDPE40/DUAF40 kemudian diberi gas CO_2 dan plastik ditutup dengan alat penutup plastik.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada temperatur inkubasi 35°C selama 24 jam , baik sampel limbah pabrik minyak goreng maupun sampel limbah pabrik kelapa sawit ada pertumbuhan bakteri anaeobik yang berasal dari spora (**Tabel 1**).

Apabila penambahan persentase asam lemak bebas dinaikkan dari 2,5 persen menjadi 5 persen ternyata menunjukkan penurunan aktivitas pertumbuhan (**Tabel 2**). Mikroorganisme pengurai asam lemak bebas menyesuaikan pertumbuhannya, karena pada inkubasi selama 48 jam pertumbuhan mikroorganisme kembali tumbuh aktif (**Tabel 3**).

Tabel 1. Pertumbuhan Mikroorganisme pada Media Nutrient Agar + 2,5% Asam Lemak Bebas, Temperatur Inkubasi 35°C Selama 24 jam

No	Asal Sampel	Inkubasi Anaerobik
1	Limbah Pabrik Minyak Goreng	++
2	Limbah Pabrik Kelapa Sawit	++

Tabel 2. Pertumbuhan Mikroorganisme pada Media Nutrient Agar + 5% Asam Lemak Bebas, Temperatur Inkubasi 35°C Selama 24 jam

	Asal Sampel	Inkubasi Anaerobik
1	Limbah Pabrik Minyak Goreng	+
2	Limbah Pabrik Kelapa Sawit	+

Mikroorganisme pengurai asam lemak bebas diidentifikasi dan sesuai dengan perencanaan semula bahwa bakteri yang dimaksud adalah bakteri *Clostridium sporogenes*.

Balteri *Clostridium sporogenes* hasil isolasi dilakukan pengujian lanjutan dengan membandingkan aktivitas pertumbuhannya dengan bakteri *Clostridium sporogenes* yang ada di Laboratorium Mikrobiologi sebagai stok yang biasa digunakan sebagai bahan praktikum. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa ada perbedaan aktivitas pertumbuhan yang sangat nyata antara bakteri stok dengan bakteri isolat dari limbah pabrik minyak goreng dan pabrik kelapa sawit. Bakteri isolat, baik yang berasal dari limbah pabrik minyak goreng maupun yang berasal dari limbah pabrik kelapa sawit menunjukkan pertumbuhan yang sangat aktif, sedangkan bakteri stok tidak aktif pertumbuhannya, sampai pada inkubasi 72 jam baru ada menunjukkan sedikit pertumbuhan (**Tabel 4**)

Tabel 3. Pertumbuhan Mikroorganisme pada media Nutrient Agar + 5% Asam Lemak Bebas, Temperatur Inkubasi 35°C selama 48 jam

No	Asal Sampel	Inkubasi Anaerobik
1	Limbah Pabrik Minyak Goreng	++
2	Limbah Pabrik Kelapa Sawit	++

1.2. Persiapan kultur *Clostridium sporogenes* untuk fermentasi awal

Karena itu pada proses fermentasi awal substrat asam lemak bebas, kultur yang digunakan adalah *Clostridium sporogenes* yang berasal dari isolat limbah pabrik kelapa sawit. Biakan murni *Clostridium sporogenes* yang berasal dari isolat pabrik kelapa sawit tersebut diperbanyak menggunakan media *nutrient broth* dan disimpan pada temperatur –40°C. Pada saat akan digunakan sebagai kultur pada proses fermentasi awal, maka hasil perbanyakan biakan murni tersebut dilakukan propagasi dua kali agar pada saat inokulasi ke bahan subsrat telah berada pada fase pertumbuhan eksponensial.

Tabel 4. Pengujian Daya Urai ***Clostridium sporogenes*** terhadap asam lemak bebas Pada kondisi 35°C, anaerobik

No	Parameter	C. sporogenes PMG	C. sporogenes PKS	C. sporogenes Lab
1	Daya Urai, inkubasi 24 jam	++	++	-
2	Daya Urai, inkubasi 48 jam	+++	+++	-
3	Daya Urai, inkubasi 72 jam	++++	++++	+/-

3. Persiapan Kultur Bakteri Laktat

Bakteri laktat diisolasi dari fermentasi substrat nabati yang terdiri dari *Leuconoctoc mesentroides, Lactobacillus brevis, pediococcus cerevisiae*, dan *Lactobacillus plantarum*. Isolat yang telah didapatkan diperbanyak dengan menggunakan media *nutrient broth* kemudian disimpan pada temperatur –40°C. Apabila akan segera digunakan maka kultur dipropagasi dua kali agar fase pertumbuhan berada pada fase eksponensial. Setelah itu kultur dikombinasikan dengan perbandingan sel 1:1:1:1 melalui pengenceran satu atau lebih kultur apabila diperlukan

4. Persiapan Asam Lemak Bebas Sebagai Substrat Fermentasi

Dari hasil pengujian kandungan asam lemak bebas pada CPO dan pada minyak sawit hasil ekstraksi manual (tekanan 2000 kgf/cm^2) ternyata kandungan asam lemak bebas masing-masing CPO yang berasal dari pabrik kelapa sawit Swasta Sedang, pabrik kelapa sawit swasta besar, dan ekstraksi manual berturut-turut 7,52 persen, 3,86 persen, dan 3,12 persen (**Tabel 5**). Data tersebut menunjukkan bahwa CPO yang berasal dari pabrik kelapa sawit swasta besar telah memenuhi standar ekspor. Akan tetapi, CPO yang berasal dari pabrik kelapa sawit swasta sedang memiliki kadar asam lemak bebas yang sangat tinggi (jauh lebih tinggi dari persyaratan ekspor CPO yaitu 4 persen. Pabrik kelapa sawit swasta sedang ternyata juga mengolah Tandan Buah Segar (TBS) dari perkebunan rakyat yang sebetulnya TBS tersebut sudah tidak segar lagi. Hasil minyak sawit yang dilakukan melalui ekstraksi manual dengan mengambil TBS yang benar-benar segar, asam lemak bebasnya hanya 3,12 persen.

Tabel 5. Kandungan Asam Lemak Bebas pada CPO dan pada Minyak Sawit Hasil Ekstraksi Manual (Tekanan 2000 kgf/cm^2)

No	Asal Minyak Sawit	Asam Lemak Bebas (%)
1	Pabrik Kelapa Sawit Swasta Sedang	7,52
2	Pabrik Kelapa Sawit Swasta Besar	3,86
3	Ekstraksi Manual (Tekanan 2000 kgf/cm^2)	3,12

Melalui pengujian lanjut asam lemak bebas yang diekstrak dari minyak sawit ternyata ada kecenderungan apabila kandungan asam lemak bebas pada CPO tinggi, maka persentase asam lemak bebas yang dapat dipisahkan akan semakin besar. Pada CPO yang berasal dari PKS swasta sedang, dengan kandungan asam lemak bebasnya 7,52 persen maka asam lemak bebas yang dapat dipisahkan dapat mencapai 3,75 persen. Sedangkan CPO yang berasal dari pabrik kelapa sawit swasta besar, dan yang berasal dari ekstraksi manual masing-masing dari kandungan asam lemak bebas 3,86 persen dan 3,12 persen, asam lemak bebas yang dapat dipisahkan masing-masing 0.96 persen dan 9,87 persen (**Tabel 6**). Dari data tersebut jelas bahwa potensi terbesar sumber asam lemak bebas adalah CPO yang diolah dari TBS yang tertunda pengolahannya. Akan tetapi, CPO yang dihasilkan dari pabrik swasta besar atau ada pengolahan minyak sawit manual ternyata juga mempunyai potensi sumber asam lemak bebas. Walaupun secara persentase hasil pemisahan di bawah satu persen, apabila jumlah minyak sawitnya sangat besar maka asam lemak bebas yang dapat dipisahkan secara total akan cukup besar pula.

Pengujian bilangan iod asam lemak bebas hasil pemisahan menunjukkan bahwa bilangan iod akan menurun apabila ada penundaan pengolahan TBS. Hal ini sekaligus merupakan indikasi adanya pemutusan sebagian ikatan rangkap pada asam lemak bebas. Apabila bilangan iod rendah menunjukkan ikatan rangkap rendah (**Tabel 6**)

Asam lemak bebas yang memiliki ikatan rangkap yaitu terdiri dari tiga jenis yaitu asam oleat $CH_3(CH_2)_7CH{=}CH(CH_2)_7COOH$ sebanyak 38,7 persen, asam linoleat $CH_3(CH_2)_4\ CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$ sebanyak 19,5 persen, dan asam linolenat $C_2H_5CH{=}CHCH_2CH{=}CHCH_2CH{=}CH(CH_2)_7COOH$ 0,3 persen. Selebihnya adalah merupakan asam lemak jenuh yaitu asam palmitat $C_{15}H_{31}COOH$ sebanyak 44,3 persen, asam stearat $C_{17}H_{35}COOH$ sebanyak 4,6 persen, asam miristat $C_{13}H_{27}COOH$ sebanyak 1 persen, dan asam laurat $C_{11}H_{23}COOH$ sebanyak 0,1 persen.

Hasil Fermentasi Asam Laktat

Melalui fermetasi bertingkat, fermentasi awal menggunakan kultur *Clostridium sporogenes* (dengan variasi jumlah kultur 2,5 persen, 5 persen dan 7,5 persen), dan dilanjutkan dengan fermentasi mengunakan kultur kombinasi *Leuconoctoc mesentroides, Lactobacillus brevis, Pediococcus cerevisiae*, dan *Lactobacillus plantarum* dengan perbandingan sel 1:1:1:1. Kultur kombinasi ini divariasikan jumlah kulturnya yaitu 5 persen, 10 persen, 15 persen, 20 persen.

Tabel 6. Bilangan Iod Asam Lemak Bebas dan Jumlah Asam Lemak Bebas yang Diekstrak Dari Minyak Sawit

No	Asal Asam Lemak Bebas	Bilangan Iod	Asam Lemak Bebas (%)
1	Ekstraksi Manual Tekanan 2000 kgf/cm^2, pemisahan sentrifuse 5000 RPM dan 25000 RPM	55,82	0,87
2	Minyak Sawit Kasar (CPO) dari PKS Swasta Besar, pemisahan sentrifuse 5000 RPM dan 25000 RPM	55,12	0,96
3	Minyak Sawit Kasar (CPO) dari PKS-Swasta Sedang, pemisahan sentrifuse 5000 RPM dan 25000 RPM	54,37	3,75

Hasil akhir fermentasi berupa asam laktat dengan persentase tertinggi (60,75 persen) yaitu pada fermentasi awal dengan jumlah kultur *Clostridium sporogenes* 7,5 persen dan dilanjutkan dengan fermentasi kultur kombinasi dengan jumlah kultur 20 persen (**Tabel 7**).

Tabel 7. Hasil Fermentasi Asam Laktat

No	Perlakuan	Asam Laktat (%) Pada Fermentasi Hari Ke:				
		1	3	6	9	12
1	A1B1	2,17	14,47	28,94	43,34	57,30
2	A1B2	2,20	15,11	29,27	43,94	57,08
3	A1B3	2,21	15,18	29,77	44,22	57,10
4	A1B4	2,21	15,27	28,52	45,17	58,07
5	A2B1	2,20	14,32	28,52	44,97	58,17
6	A2B2	2.20	14,49	28,87	45,19	58,25
7	A2B3	2,24	15,53	29,09	45,71	58,68
8	A2B4	2,23	16,72	29,20	45,89	59,28
9	A3B1	2,19	16,95	29,71	46,06	58,75
10	A3B2	2,21	16,86	29,89	46,11	59,22
11	A3B3	2,25	17,09	30,08	46,37	60,24
12	A3B4	2,26	17,23	30,19	46,89	60,75

6. Pembentukan Dimer Laktida

Laktida yang berhasil terbentuk sejumlah 92,16 persen. Ini berarti hampir keseluruhan jumlah asam laktat dapat terbentuk senyawa laktida. Temperatur pemanasan 70°C menggunakan *water bath* dan agitasi 30 RPM yang telah diupayakan konstan sampai kekentalan konsistensi mencapai 250 poise. Peranan katalis $CuCl_2$ yang direndam dalam asam laktat sangat menentukan hasil pembentukan dimer laktida

7. Pembentukan Polimer *Polylactic Acid* (PLA)

Rendemen PLA yang dihasilkan yaitu 32,16 persen (**Tabel 8**). Pada pembentukan polimer tersebut terjadi proses dehidrasi yang diikuti dengan proses kondensasi, karena itu rendemen seperti terlihat rendah. Akan tetapi jumlah PLA yang terbentuk tersebut cukup baik dengan berat molekul rata-rata 105.000.

Hasil uji mekanik (tensile strength) polimer PLA menunjukkan 1,84 kgf/mm^2. Hasil ini cukup baik untuk digunakan sebagai bahan pemlastis nilon. Karena nilon yang fleksibel memiliki nilai *tensile strength* sekitar 2,32 kgf/mm^2 sampai dengan 4,65 kgf/mm^2. Sedangkan nilon kaku memiliki kekuatan tarik antara 6,13 kgf/mm^2 sampai dengan 12,24 kgf/mm^2. Dengan penggunaan bahan pemlastis PLA untuk nilon, kekuatan tarik lembaran hasil blending akan dapat memenuhi standar kekuatan tarik nilon fleksibel.

Tabel 8. Pembentukan Polimer *Polylactic Acid* (PLA)

No	Parameter	Karakteristik
1	Rendemen Rata-rata (%)	32,16
2	Berat Molekul Rata-Rata	105.000
3	Tensile Strength Rata-Rata (kgf/mm^2)	1,84

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Fermentasi bertingkat yaitu fermentasi pertama menggunakan kultur Clostridium sporogenes yang diianjutkan dengan fermentasi menggunakan kultur kombinasi Leuconostoc mesentroides, Lactobacillus brevis, Pediococcus cerevisiae, dan Lactobacillus plantarum dapat menghasilkan asam laktat dengan rendemen paling banyak yaitu 60,75 persen.
2. Polimer polylactic acid yang dihasilkan dapat mencapai 32,16 persen dengan berat molekul rata-rata 105.000 dan kekuatan tarik (tensile strength) 1,84 kgf/mm^2.

DAFTAR PUSTAKA

Anonim (2001) Aplikasi Kemasan Plastik Pelapisan Ganda (Multilayers) Dan Modifikasi Atmosfir pada Buah Duku. Laporan Penelitian Kolaborasi Universitas Sriwijaya dengan PT Interkemas Flexipack Indonesia

.....(2001) Aplikasi Kemasan Plastik Pelapisan Ganda (Multilayers) Dan Modifikasi Atmosfir pada Buah Mangga. Laporan Penelitian Kolaborasi Universitas Sriwijaya dengan PT Interkemas Flexipack Indonesia

..... (2001) Aplikasi Kemasan Plastik Pelapisan Ganda (Multilayers) Dan Modifikasi Atmosfir pada Buah Rambutan. Laporan Penelitian Kolaborasi Universitas Sriwijaya dengan PT Interkemas Flexipack Indonesia

Allcock, H.R. dan W.L. Frederick (1990) Contemporery Polymer Chemistry 2nd Edition. Prentice Hall, Inc. New Jersey

Anker, C.A., February 15, 1972. US Patent: 3.642.498

Auras, R.A., B. Harte, S. Selke, dan R.J. Hernandez (2003). Mechanical Physical, And Barrier Properties of Poly(lactic acid) Film. School of Packaging, MSU. East Lansing.

Bauer, C.D., G.L. Neuser, dan H.A. Pinkala, October 15, 1968. US Patent: 3.406.081

Billmeyer, J.R. dan W. Fred (1994) Texbook of Polymer Sciences. 3rd Edition.John Wiley & Sons New York

Boateng, V.B. dan D.J. Quesnel (2001). Mechanical Characterization of Blends of Nylon and Polybutyric Acid. Polym. Plast. Techn. Eng 41 (21):59

Briston, J.H. dan L.L. Katan (2002). Plastics in Contact with Food.Food Trade Press LRD. London

Clancy, C.E. (1978). Clostridium. Handbook of Microbiology

Clark, F.H. (2001). Nylon in "Modern Packaging Encyclopedia"

Dubios, J.H. dan F.W. John (2000) Extrusion and Injection Molding in Plastics.Reinhold Publ. Co. New York

Earle, R.D. dan D.E. Snyder. June2, 1966. US Patent: 3.255.021

Evahelda, **B. Hamzah** dan Hasbi. (2002). Kajian Buah Manggis (Garcinia mangostana L.) Selama Penyimpanan Menggunakan Kemasan Plastik.Jurnal Agribisnis Agroindustri 1 (1) : 16-22

Fried, J.R. (1995) Polymer Sciences and Technology. 2nd Edition. Prentice HallInc. New Jersey

Hamzah, B. (2003) Frying Fat Deterioration. Proceeding of International Seminar on Organik Farming and Sustainable Agriculture in the Tropics and Subtropics; science , technology, social and welfare. Palembang.

Hamzah, B. (2004). Proses Pembuatan Plastik Biodegradasi Menggunakan Pemlastis Asam Lemak Epoksi. Paten No. P00200400357 Dep. Kehakiman dan HAM, RI.

Hamzah, B. (2004). Bahan Pemlastis Minyak Biji Karet Epoksi. Makalah Seminar Nasional, Pembinaan Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional

Irwin, C. (1999) Blow-molding Container. Packaging Encyclopedia

Jacobs, P.E. (1982). Polyethylene Film (Oriented). Package Engineering 27(4):85

Krieg, N.R. dan J.G. Holt (1986). Bergey's Manual of Systematic Bacteriology.William and Wilkin, Baltimre

Lampi, R.A. (1997). Flexible Packaging for Thermoprocessed Foods.Advances in Food Research 53:305

Leisinger, T. dan W. Brunner (1996). Poorly Degradable Substances. Biotechnology Microbial Degradation, Germany

Lever, A.E. dan J. Rhjs (1999). The Propeties and Testing of Plastic Materials 2nd Edition. Chemical Publ. Co. New York

Loebis, B. (1989). Penentuan Bilangan Iod Produk Minyak Sawit Yang DipercepatDengan Penambahan Larutan Raksa Asetat. Buletin Medan 20(2)

Lutz, Ir. (1977). Epoxy Plasticizers di dalam Wickson, J.E. Handbook of PVC-Formulating, John Wiley & Sons. New York

Mathlouthi, M. (1994). Food Pakcaging and Preservation. Blackie Academic & Professional. London

Moore, S.T., Jr. (1993). Lipid Metabolism in Plants. CRC Press. Boca Raton

Muzikowski, J.A. (1982) Polymers, High Density Polyethylene. Package Engineering 27(4):115

Sacharow, S. (2003). Packaging Regulations. AVI Publ. Co. Westport

Salamone, J.C. (1996). Polymeric Material Encyclodeia, Vol. 7, CRC, Press New York

Schwartz, S. Seymor, dan S.H. Goodman (1993). Plastic Materials and Processes.Van Nostrand Reinhold Co. New York

Sears, J.K., J.R. Darby (1982). The Technology of Plasticizers. John Wiley & Sons New York

Seymour, R.B., C.E. Carraher, Jr. (1992). Polymer Cjemistry An ntroduction.3rd Editon. Marcel Dekker, Inc. New York.

Sperling, L.H. (1986). Introduction to Physical Polymer Chemistry. John Wiley & Sons . New York

Stevens, M.R. (2001) Polymer Chemistry. Diterjemahkan oleh Iis Sopyan.Penerbit Pradya Paramita, Jakarta

Sarventnick, H.A. (1999). Nylon. Van Nostrand Reinhold Co. New York

Schannabel, W. (1981). Polymer Degradation. Principle and Practical Aplication Mc. Millan Publ. Co. New York