

PRODUKSI BIOPLASTIK (P3HB) DARI BAHAN DASAR MINYAK KELAPA SAWIT DENGAN ISOLAT *Bacillus sp*

Irwandi*¹, Akmal Djamaan², Anthoni Agustien³

¹ Sekolah Tinggi Farmasi Indonesia (STIFI) Perintis Padang,
Jl. Adinegoro KM. 17, Batipuh Panjang, Koto Tangah, Kota Padang, Sumatera Barat 25586

² Fakultas Farmasi, Universitas Andalas Padang
Jl. Limau Manis, Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163

³ Fakultas MIPA, Universitas Andalas Padang
Jl. Limau Manis, Limau Manis, Pauh, Kota Padang, Sumatera Barat 25163
e-mail : irwandi.apt@gmail.com

Diterima: 01 Mei 2018 / Disetujui: 29 Juni 2018 / Dipublikasi online: 15 Desember 2018
DOI: 10.22437/chp.v3i2.4933

ABSTRACT

Poly-3-hydroxy butyrate (P3HB) is one of biodegradable bioplastic accumulated in bacterial cells when carbon resources excess in bacteria. P3HB can be used as a substitute for conventional plastic. The purpose of this study was to determine the ability of Bacillus sp.TG to accumulate P3HB and observe the optimization of P3HB production in various concentrations of palm oil and incubation time. The bacterial used was isolated from Mount Merapi soil. Palm oil used as a source of excess carbon at concentrations 0.1%, 0.5%, and 1%. P3HB levels were analyzed using gas chromatography with incubation times 36, 42 and 48 hours. The results showed, the highest levels of P3HB produced by Bacillus sp at 1% concentration of 2.489% (mgP3HB / mg dry weight cells), 0.5% concentration of 2.776% and 2.619% at a concentration of 0.1% coconut oil palm oil. this showed that 0.5% palm oil concentration can be used as an alternative carbon source for high production P3HB.

Keywords: Poly-3-Hydroxy Butyrate (P3HB), Bacillus sp., Palm oil

ABSTRAK

Poly-3-hydroxy butyrate (P3HB) merupakan salah satu jenis bioplastik yang bersifat biodegradable terakumulasi dalam sel bakteri saat bakteri mengalami kelebihan sumber karbon. P3HB dapat digunakan sebagai pengganti plastik konvensional. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan isolat bakteri Bacillus sp.TG dalam menumpuk P3HB dan mengamati optimasi produksi P3HB yang dihasilkan pada berbagai konsentrasi minyak kelapa sawit dan waktu inkubasi. Isolat bakteri yang digunakan diisolasi dari tanah gunung merapi dan menggunakan minyak kelapa sawit sebagai sumber karbon berlebih pada konsentrasi 0,1%, 0,5 %, dan 1 %. Kadar P3HB dianalisa dengan menggunakan kromatografi gas dengan waktu inkubasi selama 36, 42 dan 48 jam. Hasil penelitian menunjukkan, kadar tertinggi P3HB yang dihasilkan oleh isolat bakteri Bacillus sp adalah pada konsentrasi 1 % sebesar 2,489% (mgP3HB / mg sel berat kering), konsentrasi 0,5 % sebesar 2,776 % dan 2,619% pada konsentrasi 0,1 % minyak kelapa sawit. Dengan demikian, ini menunjukkan bahwa konsentrasi minyak kelapa sawit 0,5 % dapat digunakan sebagai sumber karbon alternatif untuk produksi tinggi P3HB.

Kata Kunci: *Poly-3-Hydroxy Butyrate (P3HB), Bacillus sp., Minyak kelapa sawit*

PENDAHULUAN

Kebutuhan yang tinggi akan plastik menjadikan para pelaku industri memproduksi plastik dalam jumlah yang tak terbatas sehingga barang yang berlaku hanya untuk sekali pakai ini akan terbuang begitu saja kemudian menumpuk menjadi sampah. Luasnya penggunaan bahan plastik sebagai bahan baku kemasan disebabkan oleh berbagai keunggulan antara lain ringan, kuat, mudah dibentuk, anti karat, tahan terhadap bahan

kimia dan dapat dibuat berwarna maupun transparan namun kekurangannya yaitu sulit terurai secara biologis oleh mikroba (Kusuma *et al.*, 2014).

Pada tahun 2015, sebanyak 300 juta ton plastik diproduksi di seluruh dunia per tahunnya (Arikan dan Ozsoy, 2015). Plastik menjadi sumber utama pembentukan limbah karena memiliki kemampuan degradasi yang rendah. Sampah plastik tidak dapat terurai oleh mikroorganisme tanah, walaupun telah terkena cahaya matahari maupun hujan. Sampah plastik berdampak negatif serta menimbulkan masalah cukup serius terhadap lingkungan. Proses pengolahan kembali (*recycle*) tidak dapat mengatasi permasalahan sampah plastik yang menumpuk. Beberapa penelitian telah menghasilkan teknologi pembuatan plastik dari bahan alami yang dapat terdegradasi dalam waktu singkat yang disebut sebagai plastik biodegradable atau bioplastik. Plastik biodegradable terbuat dari bahan polimer alami seperti pati, selulosa, dan lemak. Bahan utama yang sering digunakan dalam pembuatan plastik biodegradable adalah pati dan Poly Lactic Acid (PLA) (Coniwanti *et al.* 2014; Yuniarti *et al.* 2014; Susanti *et al.* 2015).

Saat ini, orang lebih sadar tentang efek berbahaya bahan plastik yang berasal dari petrokimia pada lingkungan. Para peneliti telah melakukan banyak penelitian untuk mengelola sampah plastik di bumi dengan menemukan alternatif ramah lingkungan untuk plastik. Alternatif ramah lingkungan ini yaitu bioplastik, yang dibuang di lingkungan dapat dengan mudah terurai melalui tindakan enzimatik mikroorganisme (Gill. M., 2014).

Dampak yang terlihat nyata oleh penggunaan plastik tersebut memberikan satu solusi yang tepat untuk menangani menumpuknya limbah plastik tersebut yaitu dengan membuat material plastik dari bahan-bahan yang mudah diurai oleh mikroorganisme. Salah satu yang mendapat perhatian akhir-akhir ini adalah biosintesis secara fermentasi dengan menggunakan mikroorganisme penghasil poli(3-hidroksialkanoat) P(3HA). P(3HA) dan kopolimernya diproduksi dari substrat tertentu yang kaya sumber karbonnya tapi minimum kandungan mineralnya (Yogesh *et al.* 2012). Diantara kelompok senyawa P(3HA), polimer poli (3-hidroksi butirat) P(3HB) dan kopolimernya poli (3-hidroksi butirat-ko-3-hidroksi valerat) P(3HB-ko-2HV) merupakan senyawa yang paling banyak diteliti karena mempunyai sifat 100 % mudah terurai dalam waktu tertentu bila dibuang ke lingkungan (Djamaan, 2011).

Sampai saat ini, teknologi produksi senyawa biopolimer dengan kaedah bioteknologi modern, yaitu fermentasi menggunakan bahan mentah minyak nabati belum banyak terjamah oleh para peneliti di negara kita. Padahal, kita memiliki sumber daya alam yang sangat melimpah terutama minyak kelapa sawit dan jutaan bakteri penghasil biopolimer dapat digali dari tanah Indonesia. Di Malaysia dan Jepang peneliti ke arah ini telah dimulai sejak awal tahun 1990. Korea telah dapat memasarkan produk biopolimernya dengan harga yang dapat bersaing dengan plastik sintetis untuk tujuan plastik pembungkus, wadah dan kemasan ramah lingkungan (Djamaan, 2011)

Minyak kelapa sawit berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi biopolimer PHB secara fermentasi menggunakan bakteri penghasil PHB. Secara teoritis, dari 1,0 kg minyak kelapa sawit mentah akan dapat dikonversikan menjadi 1,4 kg P(3HB) (Djamaan, 2004). Untuk itu dilakukan berbagai terobosan antara lain menjadikan minyak kelapa sawit menjadi produk yang bernilai jual tinggi menjadi biopolimer poli (3-hidroksibutirat) (Djamaan dan Dewi, 2014).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Gemeidiya (2016), penampisan bakteri penghasil bioplastik Poli (3-Hiroksibutirat) dari sampel tanah puncak Gunung Marapi yang terletak dalam kawasan administrasi Kabupaten Agam dan Kabupaten Tanah Datar. Penapisan bakteri yang dilakukan dengan menggunakan larutan Nile Blue-A, diperoleh isolat bakteri yang koloninya memberikan flourisensi jingga yang berindikasikan penghasil P(3HB) atau bioplastik. Dengan ditemukannya isolat bakteri penghasil P(3HB) maka dilakukanlah penelitian optimasi terhadap proses produksi P(3HB) dengan menggunakan minyak kelapa sawit sebagai sumber karbon

METODOLOGI PENELITIAN

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan adalah : tabung reaksi (Pyrex), gelas ukur (Pyrex), erlenmeyer (Pyrex), beaker gelas (Pyrex), lampu spritus, pipet volum (Pyrex), pipet tetes, batang pengaduk, jarum ose, hot plate, timbangan analitik (Ohaus), *Rotary Shaker Incubator* (Heidolph), lemari pendingin (LG), autoklaf (All American), inkubator (Gallenkamp), lemari aseptis, *Laminary Air Flow* (Esco), pH meter (Hanna), sentrifugator (Kenko), oven (Gallenkamp), kromatografi gas (Shimadzu). Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian adalah aquadest, nutrien agar (Merck), minyak kelapa sawit mentah, isolat bakteri *Bacillus* sp.TG (Tanah Gunung), feri sulfat (Merck), mangan klorida (Merck), kobalt sulfat (Merck), kalsium klorida (Merck), tembaga klorida (Merck), zink sulfat (Merck), asam klorida (Merck), kalium dihidrogen fosfat (Merck), dikalium hidrogen fosfat (Merck), diamonium hidrogen fosfat (Merck), magnesium sulfat heptahidrat (Merck), natrium hidroksida (Merck), natrium klorida (Widatra Bhakti), asam sulfat (Merck), barium klorida (Merck), Standar P(3HB) (Biopol), kloroform (Bratacem), dan metanol (Merck).

Prosedur Penelitian

Peremajaan Isolat Bakteri Bacillus sp. TG

Isolat bakteri *Bacillus* sp.TG yang telah dimurnikan dipindahkan dengan bantuan jarum ose ke masing-masing agar miring. Pengerjaan dilakukan secara teknik aseptis. Inkubasi selama 24 jam dalam inkubator suhu 30 °C, kemudian disimpan dalam lemari es pada suhu 4 °C.

Pembuatan Suspensi Bakteri Bacillus sp. TG

Pembuatan suspensi bakteri penghasil biopolimer yaitu *Bacillus* sp.TG dilakukan dengan cara mengambil 1-2 ose koloni bakteri uji disuspensikan kedalam 10 mL natrium

klorida 0,9 % dalam tabung reaksi steril, kemudian divortex, Kekeruhan suspensi bakteri dibandingkan dengan standar *Mc. Farland*.

Pembuatan Inokulum Bakteri Bacillus sp. TG

Suspensi bakteri *Bacillus sp. TG* penghasil biopolimer P(3HB) dipipet sebanyak 10 mL, lalu tambahkan media pertumbuhan kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, hingga 100 ml dengan larutan dapar pH 7.

Penentuan Konsentrasi Minyak Kelapa Sawit Dan waktu Fermentasi Pada Bakteri Bacillus sp. TG

Dilakukan pengkulturan bakteri penghasil biopolimer P(3HB) *Bacillus sp. TG* pada kondisi optimum dengan suhu 30°C agitasi 200 rpm. Pengkulturan ini dilakukan pada konsentrasi 0,1 %, 0,5 %, dan 1 % dari minyak kelapa sawit.

Pengkulturan Bakteri

Pengkulturan bakteri penghasil biopolimer P(3HB) *Bacillus sp. TG* dilakukan dengan *rotary shaker incubator* pada putaran 200 rpm selama 48 jam. Sampel diambil sesuai dengan waktu yang sudah ditetapkan sebelumnya yaitu pada jam ke 36, 42, dan 48. Setiap periode waktu pengambilan sampel diambil sebanyak 100 mL. Pengkulturan ini dilakukan pada konsentrasi optimum minyak kelapa sawit setelah disentrifus dan dikeringkan kemudian ditimbang berat biomasanya.

Penentuan Berat Kering Biomassa

Berat kering biomassa ditentukan secara gravimetri dengan menggunakan timbangan analitik. Penentuan dilakukan dengan cara 100 mL sampel disentrifus pada kecepatan putar 3000 rpm selama 20 menit sehingga terpisah antara lapisan bening supernatan dengan endapan biomassa. Biomassa dipisahkan, lalu dicuci dengan air suling. Sel biomassa lalu dikeringkan dengan menggunakan oven suhu dibawah 70 °C hingga bobot konstan. Kemudian tentukan berat sel kering dengan carapenimbangan (Djamaan, 2011).

Proses Metanolisis

Jenis P(3HB) diketahui dengan menggunakan P(3HB) standar yang telah mengalami uji standarisasi. P(3HB) standar dimetanolisis dengan penambahan 1,7 mL metanol; 0,3 mL asam sulfat 98 % dan 2 mL kloroform, di dalam botol kaca yang bertutup rapat dan dipanaskan pada suhu 100 °C selama 4 jam pada pemanas untuk mengkonversikan P(3HB) menjadi gugus metil ester, yang kemudian diidentifikasi menggunakan kromatografi gas. Jenis P(3HB) dapat diketahui dari waktu retensi munculnya puncak pada kromatogram P(3HB) standar (Djamaan, 2011).

Penentuan Biopolimer P(3HB) Dengan Menggunakan Kromatografi Gas

Biopolimer P(3HB) yang terkandung didalam sel kering ditentukan secara kromatografi gas dengan cara menimbang 20 mg sel kering pada timbangan elektrik, lalu dimetanolisis dengan penambahan 1,7 mL metanol, 0,3 mL asam sulfat 98 % dan 2 mL kloroform, didalam botol kaca yang bertutup rapat dan dipanaskan pada suhu 100°C selama 4 jam pada pemanas untuk mengkonversikan P(3HB) menjadi gugus metil ester.

Setelah reaksi selesai, tambahkan 1 mL air suling ke dalam larutan, sehingga akan terbentuk 2 lapisan. Lapisan kloroform dipipet dan diinjeksikan 5 μ l ke dalam kromatografi gas dengan menggunakan kolom RTX-1 dan dideteksi dengan Flame Ionitiation Detector (FID) (Krisyanella *et al*, 2012).

PEMBAHASAN

Proses fermentasi dilakukan menggunakan isolat bakteri *Bacillus* sp.TG dengan memvariasikan jumlah sumber karbon minyak kelapa sawit dengan konsentrasi 0,1 g/100 mL, 0,5g/100 mL dan 1g/100 mL. sebagai medium pertumbuhan. Kedalam medium pertumbuhan ditambahkan seperti larutan mikroelemen, dan sumber nitrogen hingga 100 mL untuk tiap-tiap sampel fermentasi dalam wadah erlenmeyer 250 mL. Fermentasi dilakukan pada pH 7, suhu 30 °C, agitasi 200 rpm di dalam alat *rotary shaker incubator*. pH medium berada netral sehingga pertumbuhan bakteri optimum, suhu 30 °C merupakan suhu yang baik untuk pertumbuhan bakteri *Bacillus* sp. karena bakteri ini merupakan bakteri mesofilik.

Pengaruh agitasi (kecepatan putar) juga sangat penting dalam menentukan kondisi optimum pertumbuhan bakteri. Dimana kecepatan putar *rotary shaker incubator* merupakan salah satu parameter yang ikut menentukan pertumbuhan bakteri. Penggoncangan dilakukan selama fermentasi menyebabkan campuran dalam medium pertumbuhan bakteri menjadi homogen sehingga nutrisi yang terdapat pada medium dapat digunakan dengan efektif dan juga sangat penting dalam menentukan kondisi optimum pertumbuhan bakteri, sehingga nutrisi yang ada didalam media dapat digunakan secara maksimal (Djamaan, 2011).

Sampel diambil pada waktu 36, 42 dan 48 jam. Waktu fermentasi berpengaruh terhadap biomassa yang dihasilkan, besarnya biomassa yang terbentuk terjadi karena bakteri telah mampu beradaptasi dengan waktu pertumbuhan dan nutrisi yang dimasukkan kedalam medium fermentasi. Dan aktivitas enzim dipengaruhi juga oleh konsentrasi substrat, pada konsentrasi substrat rendah enzim tidak mencapai kecepatan konversi maksimum akibat sulitnya enzim menemukan substrat yang akan direaksikan. Seiring dengan meningkatnya konsentrasi substrat, kecepatan reaksi juga meningkat akibat makin cepatnya enzim terikat secara konstan pada substrat. Pembentukan P(3HB) terjadi karena adanya nutrisi pada medium pertumbuhan. Perubahan jumlah nutrisi akan mempengaruhi fase pertumbuhan sel yaitu dengan berkurangnya nutrisi akan memperlambat proses pertumbuhan pada rentang waktu tertentu. Keadaan seperti ini merupakan fase stasioner dimana jumlah sel yang hidup sama dengan jumlah sel yang mati atau fase dimana konsentrasi sel maksimal (Asranudin dan Putra, 2014).

Pada medium pertumbuhan diatur agar jumlah nitrogen terbatas namun diberi sumber karbon yang berlebih. Bakteri akan menghasilkan P(3HB) jika keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti kekurangan nitrogen. Adanya kelebihan karbon yang diberikan akan digunakan bakteri untuk membentuk P(3HB) yang selanjutnya dapat

diubah menjadi cadangan makanan saat kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan (Djamaan, 2011).

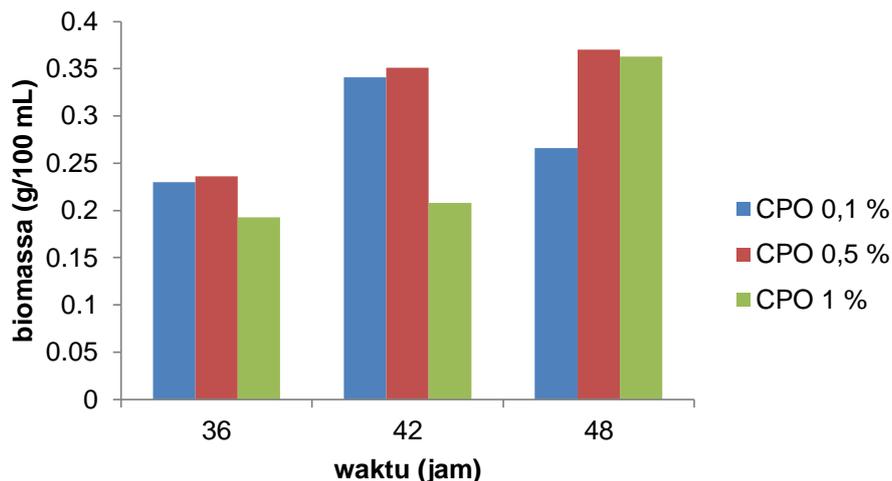
Setelah proses fermentasi selesai dilakukan pemisahan produk fermentasi yaitu pemisahan biomassa dan supernatan dengan proses sentrifugasi dengan alat *sentrifuge* pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Lapisan biomassa bagian bawah dipisahkan dari lapisan supernatan, lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 70 °C hingga bobotnya konstan. Hasil analisis berat kering biomassa sel yang telah dilakukan memperlihatkan bahwa jumlah berat kering sel (g/100 mL) pada berbagai konsentrasi minyak kelapa sawit dan waktu inkubasi (jam) yang diperoleh tergantung dari konsentrasi minyak kelapa sawit yang digunakan pada substrat.

Menurut Borah(2002) sumber karbon mempunyai tiga fungsi yang berbeda dalam *Bacillus* spp., yang pertama sumber karbon digunakan untuk sintesis biomassa, yang ke dua sumber karbon untuk biosintesis dan pemeliharaan sel dan yang ke tiga karbonsumber digunakan untuk polimerisasi P(3HB). Jenis bakteri juga menentukan kemampuannya dalam mengakumulasi P(3HB) di dalam selnya. Misalnya, *Bacillus mycoides* RLJ B-017 mampu mengakumulasi P(3HB) 55-81,6 % (Borah *et al.*, 2002), *Bacillus* sp. JMa5 mampu mensintesis PHB 25-35 % (Wu *et al.*, 2001), *B. cereus* UW85 mampu memproduksi 2,32-24,6 % (Labuzek dan Radecka, 2001), *B. cereus* SPV yang mengakumulasi P(3HB) sampai 38 % (Valappil *et al.*, 2007) dan *Bacillus* sp. UAAC 21501 mampu mengakumulasi P(3HB) 0,30 % (Andini, 2016).

Bobot kering biomassa bakteri *Bacillus* sp.TG diperoleh sebesar 230 mg/100 mL dengan konsentrasi minyak kelapa sawit 0,1 g/100 mL pada waktu 36 jam. Pada waktu fermentasi jam ke 42 perolehan biomassa mengalami peningkatan dengan jumlah sebesar 341 mg/100 mL, namun pada waktu ke 48 jumlah biomassa mengalami penurunan sebesar 266 mg/ 100 mL. Untuk konsentrasi minyak kelapa sawit 0,5 g/100 mL dengan waktu fermentasi 36 jam diperoleh jumlah biomassa sebesar 236 mg/100 mL. Pada waktu ke 42 jumlah biomassa mengalami peningkatan sebesar 351 mg/100 mL dan terus mengalami peningkatan untuk waktu ke 48 dengan jumlah biomassa sebesar 370 mg/100 mL. Perolehan biomassa untuk konsentrasi minyak kelapa sawit 1 g/100 mL dengan waktu fermentasi 36 jam adalah sebesar 193 mg/100 mL. Kemudian pada waktu fermentasi 42 jam diperoleh jumlah biomassa sebesar 208 mg/100 mL dan pada waktu 48 jam sebesar 363 mg/100 mL. Jumlah biomassa tertinggi pada bakteri *Bacillus* sp.TG terletak pada waktu fermentasi 48 jam artinya pada waktu tersebut bakteri mengalami fase stasioner.

Tabel 1. Jumlah biomassa yang dihasilkan oleh bakteri *Bacillus* sp.TG

Waktu (jam)	Biomasa dgn konsentrasi 0,1	Biomasa dgn konsentrasi 0,5	Biomasa dgn konsentrasi 1
36	0,230	0,236	0,236
42	0,341	0,351	0,351
48	0,266	0,370	0,370



Gambar 1 Grafik hubungan konsentrasi minyak kelapa sawit dengan jumlah biomassa isolat bakteri *Bacillus* sp.TG

Selanjutnya dari isolat bakteri dilakukan analisa kadar P(3HB) dengan kromatografi gas. Isolat bakteri yang dianalisa adalah isolat bakteri *Bacillus* sp. TG. Jumlah P(3HB) yang dihasilkan ditentukan dengan alat kromatografi gas, karena metoda ini memiliki kelebihan dimana kuantitas sampel yang diperlukan adalah sangat kecil antara 0,5-5,0 ml. Di samping mengurangkan ralat uji dan masa analisis, metoda ini mempunyai keunggulan yaitu memberikan pemisahan yang sangat baik terhadap komponen yang telah dimetanolisis semasa pemanasan komponen-komponen tersebut di dalam tungku kromatografi gas.

Sebelumnya, biomassa kering dimetanolisis terlebih dahulu, biomassa kering ditimbang 20 mg ditambah 1,7 mL metanol yaitu pelarut yang dibutuhkan dalam proses esterifikasi, 0,3 mL H₂SO₄ 98 % sebagai katalisator dan 2 mL CHCl₃ untuk melarutkan P(3HB), kemudian dipanaskan pada suhu 100 °C selama 4 jam dalam tabung reaksi bertutup rapat agar tidak terjadi penguapan saat pemanasan. Metanolisis dilakukan bertujuan untuk mengkonversikan P(3HB) menjadi bentuk esternya yaitu gugus 3 hidroksi metil ester. Setelah reaksi selesai ditambahkan 1 mL aquadest ke dalam larutan, dikocok kuat hingga terbentuk dua lapisan. Lapisan kloroform dipipet dan diinjeksikan sebanyak 5 µL ke dalam kromatografi gas.

Selanjutnya diamati AUC sampel pada kromatogram yang dihasilkan dan dibandingkan dengan AUC kromatogram P(3HB) standar. Pada penelitian ini kadar P(3HB) bakteri *Bacillus* sp.TG dengan sumber karbon minyak kelapa sawit tertinggi terdapat pada waktu 48 jam dengan konsentrasi 1 g/100 mL sebesar 2,489 % dengan berat biomassa 363 mg/100 mL. Pada konsentrasi minyak kelapa sawit 0,5 g/100 mL sebesar 2,776 % dengan waktu fermentasi selama 42 jam dengan berat biomassa 351 mg/100 mL. Selanjutnya pada konsentrasi minyak kelapa sawit 0,1 g/100 mL diperoleh P(3HB) sebesar 2,619 %

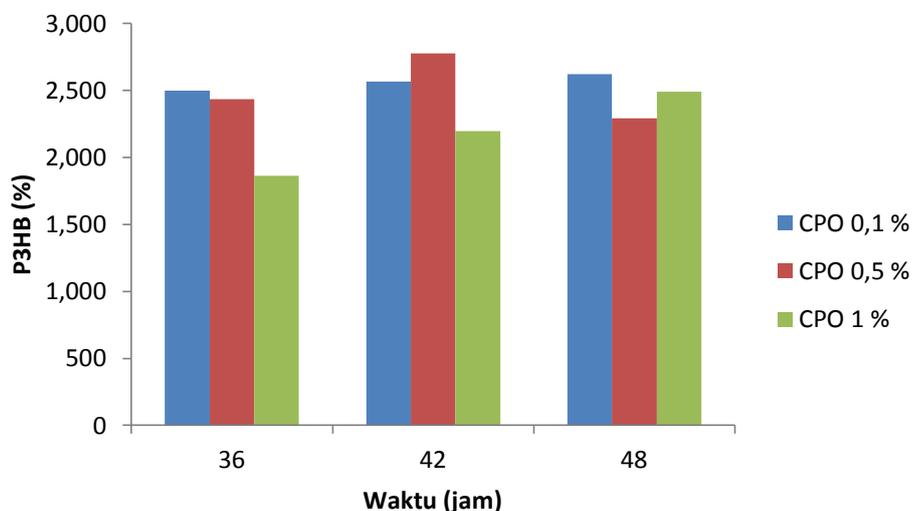
dengan waktu fermentasi selama 48 jam dengan berat biomassa 266 mg/100 mL. Dapat kita lihat bahwa kemampuan bakteri dalam menghasilkan P(3HB) meningkat dengan meningkatnya konsentrasi minyak kelapa sawit dan lama waktu fermentasi.

Tabel 2 Kandungan P3HB yang diperoleh dari bakteri *Bacillus* sp.TG

Waktu (jam)	Kandungan P3HB (mg/20 mg) dgn konsentrasi CPO	Kandungan P3HB (mg/20 mg) dgn konsentrasi CPO	Kandungan P3HB (mg/20 mg) dgn konsentrasi CPO
	0,1	0,5	1
36	0,4997	0,4865	0,3721
44	0,5134	0,5552	0,4389
48	0,5239	0,4584	0,4977

Tabel 3. Persentase P3HB yang diperoleh dari bakteri *Bacillus* sp.TG

Waktu (jam)	Persentase P3HB (%) dgn konsentrasi CPO	Persentase P3HB (%) dgn konsentrasi CPO	Persentase P3HB (%) dgn konsentrasi CPO
	0,1	0,5	1
36	2,499	2,433	1,861
44	2,567	2,776	2,194
48	2,619	2,292	2,489



Gambar 2 Grafik hubungan antara kadar P(3HB) dengan konsentrasi minyak kelapa sawit pada waktu fermentasi dengan isolat *Bacillus* sp.TG

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa konsentrasi sumber karbon minyak kelapa sawit yang paling tinggi dalam menghasilkan P(3HB) adalah konsentrasi 1 g/100 mL dan waktu fermentasi yang paling baik yang dilakukan oleh bakteri *Bacillus* sp. TG dalam untuk produksi P(3HB) adalah 48 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- Andini, P., 2016, *Penentuan Konsentrasi Minyak Kelapa Sawit dan Waktu Fermentasi Bioplastik Poli (3-Hidroksibutirat) Menggunakan Bakteri Bacillus sp. UAAC 21501*, Skripsi Farmasi Unand, Padang.
- Arikan E. B., and Ozsoy H. D., 2015, A Review: Investigation of Bioplastics, *Civil Engineering and Architecture* 9, 188-192.
- Asranudin dan Putra S. R., (2014). Efek penambahan PEG 400 pada plastik PHA yang diproduksi dari *Ralstonia pickettii*. *Prosiding Seminar Nasional Kimia*. Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Borah, B., Thakur P.S. and Nigam J.N., 2002, The influence of nutritional and environmental conditions on the accumulation of poly- β -hydroxybutyrate in *Bacillusmycoides* RLJ B-017. *Journal of Applied Microbiology*, 92, 776-783.
- Coniwanti, P., L. Laila , M.R. Alfira, 2014, Pembuatan film plastik biodegradabel dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemlastis gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* 20(4), 22-30.
- Djamaan, A. (2011). *Konsep Produksi Biopolimer P(3HB) dan (P3HB-ko-3HV) secara Fermentasi*. Andalas University Press: Padang.
- Djamaan, A. dan Dewi, A. P., 2014, *Metode Produksi Biopolimer Dari Minyak Kelapa Sawit, Asam Oleat, dan Glukosa*. Padang: Andalas University press.
- Gemeidiya, R., 2016, *Isolasi Dan Identifikasi Bakteri Penghasil Bioplastik Poli (3-Hidroksibutirat) Dari Tanah Puncak Gunung Marapi yang Ditumbuhkan Dalam Media Minyak Kelapa Sawit-Bakto Agar*, Skripsi Farmasi Unand, Padang.
- Gill, M. (2014). Bioplastic: A Better Alternative To Plastics, *International Journal of Research in Applied*, 2(8), 115-120.
- Krisyanella, Djamaan, A., dan Aulia, W., 2012, Optimasi proses produksi bioplastik poli (3-hidroksibutirat) dengan bakteri *Bacillus* sp FAAC 20801 menggunakan bahan dasar jerami padi secara fermentasi. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 17(1), 60-72.
- Kusuma, F., Haedar, N. dan Abdullah A., (2014). *Optimalisasi Produksi Poli- β -Hidroksi Butirat (PHB) Dari Berbagai Sumber Karbon Oleh Isolat Bakteri Dari Limbah Pabrik Gula Takalar*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Labuzek, S. dan Radecka, I. (2001). Biosynthesis of PHB copolymer by *Bacillus cereus* UW85. *Journal of Applied Microbiology*, 90, 353-357.
- Susanti, Jasruddin, dan Subaer. 2015. Sintesis komposit bioplastic berbahan dasar tepung tapioka dengan penguat serat bambu. *Jurnal Sains dan Pendidikan Fisika*. 11(2), 179-184.
- Valappil, S.P., Misra, S.K., Boccaccini, A.R., Keshavarz, T., Bucke, C., and Ro, I., 2007, Large scale production and efficient recovery of phb with desirable material properties, from the newly characterized *Bacillus cereus* SPV. *Journal of Biotechnology*, 132, 251-258.
- Wu, Q., Huang, H., Hu, G., Chen, J., Ho, K.P., & Guo-Qiang Chen., 2001, Production of poly-3-hydroxybutyrate by *Bacillus* sp.JMa5 cultivated in molasses media. *Antonie vanLeeuwenhoek* 80, 111-118.
- Yogesh C, Bhavana P, Fulekar. 2012. PHA production Application and its Bioremediation in environment. *I.Res.J.Environment Sci* Vol 1 (2) pp. 46 – 52
- Yuniarti L.I., Hutomo Gatot S., dan Abdul Rahim., 2014, Sintesis dan karakterisasi bioplastik berbasis pati Sagu (*metroxylyon* sp). *e-Jurnal.Agrotekbis* 2(1), 38-46.