

ISSN : 2088-6756

SEMINAR NASIONAL INTEGRASI PROSES 2011

Perkembangan Penelitian dan Aplikasi Integrasi Proses dalam Industri Kimia

Pertemuan dan Presentasi Akademisi & Praktisi
Teknik Kimia Seluruh Indonesia

Rabu-Kamis, 7-8 Desember 2011
Hotel Permata Krakatau, Cilegon

Diselenggarakan oleh :



Disponsori oleh :



KRAKATAU STEEL



Chandra Asri
Petrochemical



BLUESCOPE
STEEL



INDUSTRIAL WATER

Media partner :



Radat Banten

JURUSAN TEKNIK KIMIA

UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA

C.5

Simulasi Proses Penambahan Jumlah Katalis Pada Proses Produksi *Ethoxylate* di PT. ABC dengan Menggunakan Promodel.

D. Bioproses dan Bioteknologi.

D.1

Biohydrogen Production from Tapioca Synthetic Wastewater Through Fermentation.

D.2

Peningkatan Produktivitas Bioplastik (*Poly-β Hydroxy Butyrate*) dari Glukosa dengan Metode Pembatasan Substrat Sistem *Batch*.

D.3

Studi Pembentukan Biogas dari Limbah Cair Yang Mengandung Zat Organik Tinggi Menggunakan Digester Jenis *Fixed-Bed Reactor*.

D.4

Potensi Ekstrak Glukomanan dari Tanaman Porang untuk Pembuatan Bioplastik.

D.5

Pengambilan Oleoresin Jahe Merah Menggunakan Ekstraksi Maserasi Dengan Pelarut Metanol.

D.6

Analisa Oleoresin Jahe Merah Hasil Ekstraksi Maserasi Menggunakan *Gas Chromatography Mass Spectrophotometry* (GCMS).

E. Rekayasa Produk

E.1

Pengaruh pH dan Penambahan Larutan H_2O_2 pada Penentuan Konsentrasi CO_2 Hasil Degradasi Senyawa Aktif Detergen Secara Fotokatalisis

E.2

Studi Penghilangan Kandungan Sulfur pada Tar Batubara Dengan Menggunakan Natrium Hipoklorit.

E.3

Pengaruh Massa Bioadsorben dari Kulit Kacang Tanah pada Pemurnian Minyak Goreng Bekas.

E.4

Pengaruh Jenis Pengikat Terhadap Kualitas Briket Fines Sponge.

Peningkatan Produktivitas Bioplastik (*Poly-β Hydroxy Butyrate*) dari Glukosa dengan Metode Pembatasan Substrat Sistem *Batch*

¹Dhena Ria Barleany, ²Wiratni, ¹Maryati, ¹Nisrina Utami,

¹Mochamad Adha Firdaus, & ¹Rifki Yunanda

¹Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Cilegon
e-mail:dbarleany@yahoo.com

²Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

Abstrak. Plastik yang berbasis petroleum mendatangkan pengaruh negatif terhadap lingkungan karena tidak dapat didegradasi secara biologi. Alternatif material baru pembuat plastik yang dapat dengan mudah didegradasi oleh mikroorganisme perlu terus dikembangkan untuk menyelesaikan masalah lingkungan sekaligus krisis energi. *Poly-β Hydroxy Butyrate (PHB)* merupakan salah satu polimer dari kelas *Poly Hydroxy Alkanoate (PHA)* yang bersifat 100% *biodegradable*. Kendala utama yang dihadapi dalam produksi PHB adalah *yield* yang rendah sehingga harga jualnya menjadi mahal. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan pengaruh pembatasan substrat terhadap produktivitas PHB dari glukosa dengan sistem *batch*. Penelitian ini dilaksanakan melalui 3 tahap proses, yaitu pembuatan *starter*, fermentasi, dan purifikasi. Pembuatan *starter* dengan cara inokulasi *Cupriavidus necator* dari medium agar miring ke dalam medium yang terdiri dari 2 g/L *beef extract*, 5 g/L *peptone*, 3 g/L *yeast*, dan glukosa dengan konsentrasi 10%. Setelah 16 jam diinkubasi, larutan *starter* kemudian dimasukkan ke dalam bioreaktor. Proses fermentasi berlangsung di dalam bioreaktor dengan volume 1,3 L yang dilengkapi *magnetic stirrer* dan sistem aerasi. Volume operasi adalah 500 ml dan fermentasi dilakukan dengan sistem *batch* selama 72 jam. Variabel berubah pada penelitian ini adalah komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam medium Ramsay. Tahap purifikasi dilakukan dengan cara *lysis* menggunakan H_2O_2 dan ekstraksi menggunakan kloroform. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *yield* PHB yang diperoleh dipengaruhi oleh komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam medium Ramsay. *Yield* tertinggi pada penelitian ini diperoleh saat komposisi Ramsay tanpa $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 g/L, yaitu sebesar 0,796 g PHB/g sel kering. Hasil panen tertinggi sebesar 0,198 g diperoleh saat komposisi Ramsay $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 4 g/L dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 g/L.

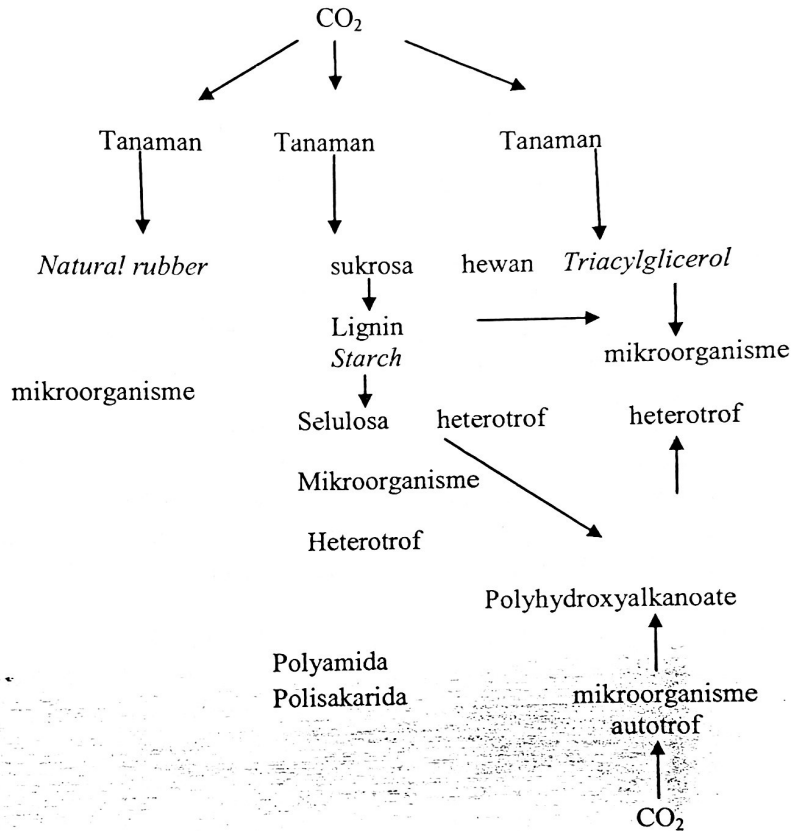
Kata kunci: *Poly-β Hydroxy Butyrate*, pembatasan substrat, *batch*

1 Pendahuluan

Plastik yang banyak beredar sekarang ini sebagian besar terbuat dari bahan minyak bumi atau gas alam, seperti polipropilen, polietilen, poliester, PVC, dan lain-lain. Plastik berbasis petroleum ini bersifat sulit terdegradasi baik oleh bakteri tanah maupun kondisi cuaca, sehingga menyebabkan pencemaran terhadap lingkungan. Untuk mengatasi adanya masalah pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh plastik berbasis fosil, maka harus dicari alternatif material pembuatan plastik yang lebih mudah terdegradasi. Akhir-akhir ini, permasalahan yang berkaitan dengan manajemen limbah dan lingkungan global telah mendorong pengembangan *biodegradable plastic*, yang diharapkan dapat mengontrol penggunaan jenis plastik konvensional [1].

Dhena Ria Barleany, Wiratni, Maryati, Nisrina Utami,
Mochamad Adha Firdaus, & Rifki Yunanda

Biopolimer dapat diperoleh dari bahan pertanian atau dari proses-proses bioteknologi yang tersedia dari sumber-sumber bersifat *renewable*. Gambar 1 merupakan suatu *overview* produk-produk yang dapat diperoleh dari tanaman pertanian dan kehutanan untuk berbagai aplikasi.

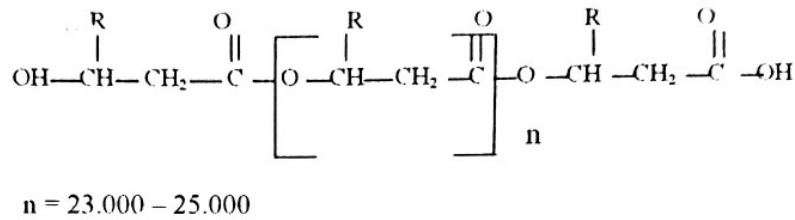


Gambar 1. Sumber karbon *renewable* tersedia dari tanaman dan mikroorganisme autotrof

Bioplastik merupakan salah satu jenis biomaterial, yaitu poliester yang diproduksi oleh mikroba, yang dibiakkan pada kondisi nutrisi dan lingkungan tertentu. Menurut Barnard dan Sander serta Sudesh et al. dalam Luengo et. al. [2], polimer jenis ini terakumulasi sebagai *storage material* (dalam bentuk *mobile, amorphous, liquid granule*), yang menyebabkan mikroorganisme dapat tetap bertahan hidup pada keadaan tertekan (*stress*). Beberapa material bioplastik yang sedang banyak dikembangkan adalah *polyhydroxyalkanoates (PHAs)*, *polylactides*, *aliphatic polyesters*, polisakarida, dan *copolimers* serta kombinasi *starch* dengan polipropilen [3]. Kombinasi *starch* dengan polipropilen bersifat semi *biodegradable* sedangkan PHA 100% *biodegradable* [1].

Fakta bahwa PHA dapat diproduksi dari sumber daya terbarukan dan cara pemrosesan yang mudah membuat PHA sesuai untuk digunakan dalam bidang tertentu sebagai pengganti polimer sintetik yang tidak terbiodegradasi. Struktur molekul PHA seperti terlihat pada Gambar 2.

Peningkatan Produktivitas Bioplastik (*Poly-β Hydroxy Butyrate*) dari Glukosa dengan Metode Pembatasan Substrat Sistem *Batch*

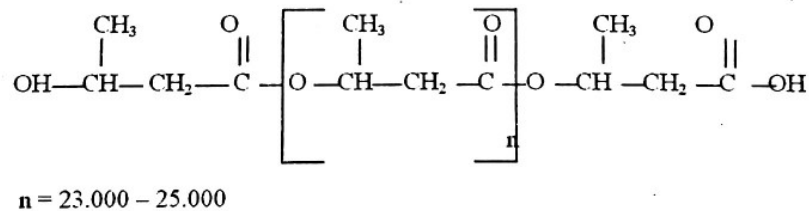


Gambar 2. Struktur molekul *polyhydroxyalkanoate* (PHA)

PHA merupakan poliester dari berbagai *hydroxyalkanoate* yang disintesa oleh banyak mikroorganisme sebagai material cadangan energi pada saat nutrisi esensial seperti nitrogen atau fosfor dalam keadaan terbatas dan kondisi sumber karbon berlebih. PHA memiliki temperatur leleh serta sifat mekanis seperti modulus Young dan *tensile strength* yang mirip dengan beberapa jenis termoplastik sintetis seperti polipropilen. PHA juga merupakan polimer yang kuat, tahan terhadap kelembaban, dan *biocompatible* [3].

Bioteknologi untuk memproduksi biopolimer dapat terjadi secara intraseluler atau ekstraseluler. PHAs, *cyanophycin*, *glycogen*, *starch*, dan *polyphosphate* merupakan contoh biopolimer yang terakumulasi di dalam sitoplasma sel. Jumlah polimer yang dapat diproduksi oleh sel dibatasi oleh ketersediaan ruang di dalam sitoplasma, sehingga *yield* per volume ditentukan oleh densitas sel fraksi biopolimer di dalam biomassa.

Poly-β-hydroxybutyrate (PHB) merupakan jenis polimer yang paling banyak dikenal dan dipelajari dari kelas PHA, memiliki titik leleh 175°C dan terdekomposisi pada 200°C [4]. Struktur molekul PHB seperti terlihat pada Gambar 3 sebagai berikut:



Gambar 3. Struktur molekul *poly-β-hydroxybutyrate* (PHB)

PHB merupakan cadangan sumber karbon pada beberapa mikroorganisme yang berbentuk granula dengan ukuran bervariasi antara 0,2 sampai 0,5 μm dan diselubungi lapisan tipis dengan tebal sekitar 2 nm [5]. Pemanfaatan PHB antara lain sebagai film pembungkus, tas, kontainer, beberapa peralatan seperti gelas dan *diapers*, juga digunakan sebagai *biodegradable carrier* untuk obat-obatan dan insektisida atau pupuk [3]. Penelitian tentang PHB berkembang sangat pesat, terbukti pada tahun 1989 sudah mulai diproduksi secara komersial baik dalam bentuk fiber, film, maupun *sheets*.

Poly-β-hydroxybutyrate (PHB) merupakan material yang tersimpan di dalam sel, khususnya pada organisme prokariota [6]. Mikroorganisme mengakumulasi PHB dengan menggunakan berbagai jenis sumber karbon untuk proses produksi. Menurut Wu et al [7]

Dhena Ria Barleany, Wiratni, Maryati, Nisrina Utami,
Mochamad Adha Firdaus, & Rifki Yunanda

dan Sharma et al. [8], hingga saat ini PHB telah diproduksi oleh bakteri heterotrof menggunakan material organik dengan teknologi fermentasi.

Pada kondisi pertumbuhan yang sesuai, PHB dapat terakumulasi lebih dari 85% dari berat sel kering oleh *Alcaligenes eutrophus* [4]. *Alcaligenes eutrophus* merupakan nama lain dari *Wautersia eutropha* [9]. *Wautersia eutropha*, spesies dari genus *Wautersia*, sekarang ini sinonim dengan *Cupriavidus necator*, spesies dari genus *Cupriavidus*.

Menurut Bernat et al [10], PHB merupakan salah satu cadangan energi bagi sel mikroorganisme yang memiliki tiga fungsi utama, yaitu akumulasi energi pada saat suplai energi dari lingkungan luar lebih besar dibandingkan dengan kebutuhan sel untuk pertumbuhan, utilisasi pada saat suplai dari sumber luar tidak cukup tersedia untuk *maintenance* sel, serta degradasi untuk memproduksi energi.

Riset-riset mengenai PHB semakin banyak dikembangkan untuk mendapatkan produk berkualitas baik dan dapat dipasarkan dengan harga yang kompetitif dengan plastik dari bahan petroleum. Glukosa merupakan salah satu senyawa organik yang mudah diproduksi melalui proses hidrolisis dari bahan lain yang lebih murah seperti pati. Substrat glukosa sebagai sumber karbon untuk memproduksi PHB telah banyak dilakukan dan terus dikembangkan untuk mendapatkan kondisi operasi dengan *yield* optimal.

Di dalam laboratorium, bakteri hidup dalam kultur media yang didesain untuk memenuhi semua nutrisi esensial yang diperlukan untuk pertumbuhan bakteri tersebut [11]. Tabel 1 menunjukkan komposisi medium standar *Cupriavidus necator*.

Tabel 1 Komposisi medium *Cupriavidus necator* [12]

Komposisi	Konsentrasi
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	6,7 g/l
KH_2PO_4	1,5 g/l
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,0 g/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,2 g/l
Ferri ammonium sulfat	60 mg/l
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	10 mg/l
Trace element*	1 mL

*Trace element (per liter aquades): $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 20 g/l, H_3BO_4 0,3 g/l, $\text{CaCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 0,2 g/l, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0,03 g/l, $\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 30 mg/l, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 30 mg/l, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 30 mg/l, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 10 mg/l

Peningkatan Produktivitas Bioplastik (*Poly-β Hydroxy Butyrate*) dari Glukosa dengan Metode Pembatasan Substrat Sistem *Batch*

Produksi PHB dengan sistem *batch* secara nyata menghasilkan PHB dengan *yield* sangat kecil. Salah satu upaya yang dilakukan untuk meningkatkan *yield* produk PHB terhadap sumber karbon glukosa adalah dengan sistem pembatasan substrat.

Sintesa dari material intraseluler dapat distimulasi secara drastis dengan kondisi pertumbuhan tidak seimbang dimana salah satu elemen tertentu, misalnya karbon berada pada konsentrasi tinggi secara ekstrim dan pada saat bersamaan sintesa protein dan/atau asam nukleat terhambat karena kekurangan nitrogen atau nutrisi lain yang dibutuhkan. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa konsentrasi sumber karbon serta komposisi nitrogen, phosphor, dan sulfur di dalam nutrisi sangat mempengaruhi kecepatan pertumbuhan mikroorganisme dan akumulasi PHB di dalam mikroorganisme tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan pengaruh pembatasan substrat terhadap produktivitas PHB dari glukosa pada sistem *batch*.

2 Metode Penelitian

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai tahapan percobaan, bahan dan alat yang digunakan untuk penelitian, rangkaian alat penelitian serta variabel-variabel percobaan dan prosedur pelaksanaan penelitian.

2.1 Tahapan Percobaan

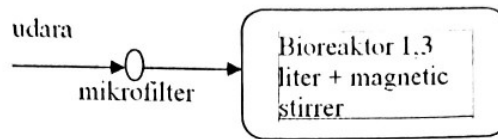
Penelitian ini dilakukan dalam beberapa tahap yaitu tahap pendahuluan dan tahap percobaan utama. Tahap pendahuluan terdiri dari perancangan alat penelitian dan persiapan starter, kemudian dilanjutkan dengan tahap percobaan utama yaitu fermentasi.



Gambar 4. Diagram alir tahap penelitian

Tahap percobaan utama merupakan tahap fermentasi. Proses fermentasi adalah seperti pada Gambar 5. berikut:

Dhena Ria Barleany, Wiratni, Maryati, Nisrina Utami,
Mochamad Adha Firdaus, & Rifki Yunanda



Gambar 5. Proses fermentasi sistem batch

2.2 Bahan dan Alat

2.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang diperlukan untuk penelitian ini adalah bakteri *Cupriavidus necator* dalam bentuk agar miring, media tumbuh terdiri dari glukosa, $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, KH_2PO_4 , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, ferri ammonium sulfat, *beef extract*, *peptone*. Bahan untuk purifikasi adalah bahan untuk *lysis* dan ekstraksi, yang terdiri dari NaCl , H_2O_2 , CHCl_3 .

2.2.2 Alat Penelitian

Alat utama dalam penelitian ini adalah bioreaktor berbentuk tabung dengan volume 1,3 liter, sedangkan alat pendukung adalah *shaker bath*, *magnetic stirrer*, *centrifuge*, *conical tube*, dan *petridish*.

2.3 Variabel Penelitian

Variabel berubah pada penelitian ini adalah komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam medium Ramsay. Variasi komposisi medium yang dilakukan diuraikan pada Tabel 2:

Tabel 2 Variasi komposisi medium

Kode Percobaan	Komposisi Medium
B0	Ramsay standar
B1	Ramsay tanpa $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 gr/liter
B2	Ramsay dengan $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 4 gr/liter, dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 gr/liter
B3	Ramsay tanpa $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 gr/liter
B4	Ramsay dengan $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 4 gr/liter, dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 gr/liter

Kondisi operasi yang tetap adalah konsentrasi glukosa awal yang digunakan yaitu 10 g/l, juga laju alir udara masuk bioreaktor yang dijaga konstan sebesar 0,3 l/menit. Analisa

Peningkatan Produktivitas Bioplastik (*Poly-β Hydroxy Butyrate*) dari Glukosa dengan Metode Pembatasan Substrat Sistem *Batch*

dilakukan pada isi bioreaktor setelah waktu operasi 72 jam, yaitu *yield* PHB dalam satuan gram PHB/gram sel kering.

2.4 Prosedur Penelitian

2.4.1 Persiapan Starter

Pembuatan starter dimulai dengan menginokulasikan bakteri *Cupriavidus necator* dari medium agar miring sebanyak kurang lebih 2 ose ke medium NGY yang telah disiapkan dalam erlenmeyer dan telah disterilkan sebelumnya. Komposisi medium NGY adalah *beef extract* 2 gr/liter, *peptone* 5 gr/liter, *yeast* 3 gr/liter, dan glukosa dengan konsentrasi 10%. Selanjutnya larutan starter diinkubasi dalam *shaker incubator* selama 16 jam pada suhu 30°C dan kecepatan 150 rpm. Setelah 16 jam, erlenmeyer berisi larutan *starter* dimasukkan ke dalam bioreaktor yang telah berisi medium Ramsay di dalam laminar air flow untuk mengurangi resiko kontaminasi oleh udara.

2.4.2 Fermentasi

Produksi PHB dilakukan dalam bioreaktor dengan kapasitas 1,3 liter yang dilengkapi *magnetic stirrer* dan sistem aerasi menggunakan udara yang dilewatkan microfilter, dengan kecepatan volumetric udara 0,3 liter/menit.

2.4.3 Purifikasi

Pelet sel dimasukkan ke dalam *conical tube* kemudian dicuci dengan larutan NaCl. Untuk memisahkan pelet sel dan larutan NaCl, *conical tube* dimasukkan ke dalam *centrifuge* dan dilakukan proses centrifugasi pada skala 4 selama 15 menit, kemudian larutan NaCl pada lapisan atas dibuang. H₂O₂ sebanyak 5 ml dimasukkan ke dalam tabung, kemudian dimasukkan *shaker bath* pada selama 4 jam. Setelah dicentrifuge pada skala 4 selama 15 menit dan H₂O₂ dibuang, padatan dipindahkan ke dalam tabung kaca dan ditambahkan CHCl₃ sampai penuh, kemudian dimasukkan ke dalam shaker bath selama 24 jam. Padatan merupakan sel kering mati sedangkan cairan adalah PHB yang larut dalam CHCl₃. Cairan dimasukkan ke dalam *petridisk* dan dioven pada suhu 60-70°C hingga kering, kemudian dilakukan analisis PHB.

2.5 Teknik Pengumpulan Data dan Analisis Data

Analisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah analisis kadar air dalam sel dan analisis produk PHB. Analisa produk PHB dilakukan dengan cara penimbangan berat PHB yang diperoleh pada berbagai variasi percobaan.

Data yang diperoleh berupa berat PHB dan berat sel kering (*dry cell*) pada berbagai variasi kemudian diplotkan pada grafik dalam bentuk data *yield* (gram PHB/gram *dry cell*).

3 Hasil dan Pembahasan

Medium Ramsay merupakan komposisi nutrient standar yang sesuai untuk pertumbuhan *Cupriavidus necator*. Pembatasan substrat dilakukan untuk stimulasi kondisi pertumbuhan yang tidak seimbang di dalam bioreaktor, sehingga mempengaruhi laju pertumbuhan sel dan akumulasi PHB di dalam sel. Glukosa merupakan sumber karbon, sedangkan $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ serta $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ masing-masing mengandung unsur fosfor, nitrogen, dan sulfur yang berpengaruh terhadap aktivitas pertumbuhan bakteri. Pengaruh komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam medium Ramsay terhadap *yield* serta berat total panen PHB ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Perolehan produk PHB pada variasi komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam medium Ramsay

Kode Percobaan	Komposisi Medium		Yield PHB		Berat panen PHB (g)
	Konsentrasi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (g/L)	Konsentrasi $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (g/L)	(g PHB/ g dry cell)	(g PHB/ g wet cell)	
B0	6,7	1	0,172	0,014	0,026
B1	0	1	0,796	0,066	0,102
B2	4	1	0,035	0,007	0,198
B3	0	0,5	0,004	0,002	0,038
B4	4	0,5	0,174	0,012	0,016

Komposisi normal medium Ramsay mengandung 6,7 g/L $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan 1 g/L $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Pada komposisi normal, bioreaktor yang bekerja pada volume kerja 500mL dapat menghasilkan *yield* sebesar 0,172 g PHB/g *dry cell* atau 0,014 g PHB/g *wet cell*, dengan kadar air sebesar 11,34 g H_2O /g *dry cell*. Total panen PHB yang diperoleh pada komposisi Ramsay standar setelah waktu fermentasi selama 72 jam adalah 0,026 g. Setelah dilakukan variasi percobaan, data pada Tabel 3 menunjukkan adanya pengaruh komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ terhadap *yield* serta total panen PHB yang diperoleh.

Yield PHB tertinggi pada penelitian ini diperoleh saat medium Ramsay tanpa $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 g/L (percobaan B1), yaitu sebesar 0,796 g PHB/g *dry cell*. Pada kondisi tersebut terjadi ketidakseimbangan yang cukup ekstrim dan

Peningkatan Produktivitas Bioplastik (*Poly-β Hydroxy Butyrate*) dari Glukosa dengan Metode Pembatasan Substrat Sistem *Batch*

memberikan efek stress bagi mikroorganisme. Efek stress ini mencakup aktivitas mikroorganisme yang cenderung mengakumulasi PHB di dalam tubuh sebagai cadangan energi. Pada percobaan B2 juga dilakukan pembatasan unsur fosfor dimana komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ sebesar 4 g/L dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ normal yaitu 1 g/L. *Yield* yang dihasilkan pada kondisi ini adalah sebesar 0,035 g PHB/g *dry cell*. Nilai *yield* yang lebih rendah dibandingkan komposisi pada percobaan B1 menunjukkan bahwa pada komposisi ini mikroorganisme tidak mengalami stress yang tinggi, sehingga masih dapat melakukan pertumbuhan dan pembelahan sel. Hal ini dibuktikan dengan data perolehan total panen PHB pada kondisi ini mencapai nilai tertinggi yaitu sebesar 0,198 g. Total panen merupakan perolehan produk PHB setelah 72 jam waktu fermentasi, yang berbanding lurus dengan akumulasi PHB di dalam sel (*yield*) serta berat sel total di dalam bioreaktor.

Pada saat dilakukan pembatasan pada kedua komponen seperti pada percobaan B3 (tanpa $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 g/L), diperoleh *yield* paling rendah yaitu sebesar 0,004 g PHB/g *dry cell*, serta total panen PHB yang diperoleh sebesar 0,038 gram. Pembatasan substrat dengan komposisi seperti ini tidak memberikan hasil optimal, karena dengan akumulasi PHB di dalam sel yang sangat rendah mengakibatkan total panen PHB yang diperoleh juga cukup rendah.

Variasi percobaan B4 memiliki rasio komposisi antara $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ yang hampir sama dengan Ramsay standar. Akumulasi PHB sebesar 0,174 g PHB/g *dry cell* dan total berat PHB yang diperoleh 0,016 g merupakan hasil yang tidak jauh berbeda dibandingkan dengan percobaan menggunakan Ramsay standar.

Pada penelitian ini belum dapat diperoleh signifikansi pengaruh masing-masing komponen dalam medium Ramsay terhadap akumulasi dan total perolehan PHB. Korelasi antara tiap komponen $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dengan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ juga belum dapat dibuktikan dalam penelitian ini sehingga memerlukan penelitian lanjutan dengan variasi dan replikasi percobaan yang lebih lengkap.

4 Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa *yield* serta hasil panen PHB yang diperoleh dipengaruhi oleh komposisi $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ dalam medium Ramsay. *Yield* tertinggi pada penelitian ini diperoleh saat komposisi Ramsay tanpa $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 g/L, yaitu sebesar 0,796 g PHB/g *dry cell*. Hasil panen tertinggi sebesar 0,198 g diperoleh saat komposisi Ramsay $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 4 g/L dan $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 1 g/L.

5 Daftar Pustaka

- [1] Patwardhan, P.R., dan Srivastava, A.K., 2004, "Model-Based Fed Batch Cultivation of *R. eutropha* for Enhanced Biopolymer Production", *Biochemical Engineering Journal*, 20, 21-28, Elsevier B.V.

Dhena Ria Barleany, Wiratni, Maryati, Nisrina Utami,
Mochamad Adha Firdaus, & Rifki Yunanda

- [2] Luengo, J.M., Garcia, B., Sandoval, A., naharro, G., dan Olivera, E.R., 2003, "Bioplastics from Microorganisms", *Current Opinion in Microbiology*, 6, 251-260, Elsevier Science Ltd.
- [3] Lee, S.Y., 1996, "Bacterial Polyhydroxyalkanoates", *Biotechnol. Bioeng.*, 49, 1-14
- [4] Anderson, A.J dan Dawes, E.A., 1990, "Occurrence, Metabolism, Metabolic Role and Industrial Uses of Bacterial Polyhydroxyalkanoates", *Microbiol. Rev.*, 54, 450-472
- [5] Mandon, Karine, Reydellet, N.M., Encarnacion, Sergion, Kaminski, A.P., leijk, Alfonso, Cevallos, M.A., Elmerich, Claudine, dan Mora, J., 1998, "Poly- β -hydroxybutyrate Turnover in *Azorrhizobium acaulidans* is Required for Growth and Affects *nifA* Expression", *J.Bacteriol*, 180, 5070-5076
- [6] Liebergessel, M., Sonomoto, K., Madkour, M., Mayer, F., dan Steinbüchel, A., 1994, "Purification and characterization of the Poly (hydroxyalkanoic acid) Synthase from *Chromatium vinosum* and localization of the Enzyme at the Surface of Poly (hydroxyalkanoic acid) Granules", *Eur. J. Biochem.*, 226, 71-80
- [7] Wu, G.F., Wu, Q.Y., dan Shen, Z.Y., 2001, "Accumulation of Poly- β -hydroxybutyrate in *Cyanobacterium Synechocystis* sp. PCC6808", *Bioresource Technology* 76, 85-90, Elsevier Science Ltd.
- [8] Sharma, L., Singh, a.K., Panda, B., dan Mallick, N., 2007, "Process Optimization for Poly- β -hydroxybutyrate Production in a Nitrogen Fixing cyanobacterium, *Nostoc muscorum* using Response Surface Methodology", *Bioresource Technology* 98, 987-993, Elsevier Ltd.
- [9] Patwardhan, P., dan Srivastava, A.K., 2008, "Fed-Batch Cultivation of *Wautersia eutropha*", *Bioresource Technology* 99, 1787-1792, Elsevier Ltd
- [10] Bernat, K., Wojnowska_Baryla, I., dan Dobrzyńska, A., 2008, "Denitrification with Endogenous Carbon Source at Low C/N and It/s Effect on P(3HB) accumulation", *Bioresource Technology* 99, 2410-2418, Elsevier Ltd.
- [11] Todar, K., 2001, "Nutrition and Growth of Bacteria", University of Wisconsin-Madison Department of Bacteriology
- [12] Ramsay, B.A., Iomaliza, K., Chavarie, C., Dube, B., bataille, P., dan ramsay, J.A., 1990, "Production of Poly (β -hydroxybutyrate-co- β -hydroxyvalerate) Acids", *Appl. & Environ. Microbiol.*, 56 (7), 2093-2098