

**REKAYASA**

**LAPORAN PENELITIAN  
HIBAH KOMPETITIF PENELITIAN  
SESUAI PRIORITAS NASIONAL**

**TEMA: SENI DAN BUDAYA/INDUSTRI KREATIF**

**PENGEMBANGAN PRODUKSI BIOPLASTIK UNTUK  
KERAJIANAN ASESORIS DARI GLISEROL SEBAGAI  
PEMANFAATAN LIMBAH INDUSTRI BIODISEL**

**Rita Dwi Ratnani, ST., M.Eng  
M. Arief Budihardjo, ST, M.EngSc  
Ir. Deddy Kurniawan Wikanta, MM**



**DIBIYAI OLEH DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
SURAT PERJANJIAN NO : 465/SP2H/PL/E5.2/DITLITABAS/V/2011 Tgl. 23 Mei 2011  
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN TINGGI  
DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL**

**UNIVERSITAS WAHID HASYIM SEMARANG  
DESEMBER 2011**

## HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Penelitian : Pengembangan Produksi Bioplastik Untuk Kerajinan Asesoris dari Gliserol Sebagai Pemanfaatan Limbah Industri Biodisel
  
2. Ketua Peneliti :
  - a. Nama Lengkap : Rita Dwi Ratnani, ST, M.Eng
  - b. Jenis Kelamin : Perempuan
  - c. NPP : 05.01.1.0067
  - d. Jabatan Struktural : Sekretaris Fakultas
  - e. Jabatan fungsional : Lektor
  - f. Fakultas/Jurusan : Teknik /Teknik Kimia
  - g. Pusat Penelitian : Fakultas Teknik
  - h. Alamat : Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim  
Jl. Menoreh Tengah X/ 22 Semarang
  - i. Telpon/Faks : 024-8505680-8505681/024-8505680
  - j. Alamat Rumah : Ds. Salamsari Rt.01/03 Boja Kabupaten Kendal.
  - k. Telpon/Faks/E-mail : 081805945690/  
[ratnani\\_unwahas@yahoo.co.id](mailto:ratnani_unwahas@yahoo.co.id)
  
3. Jangka Waktu Penelitian :  
Usulan ini adalah usulan tahun ke : tahun, 2010-2011  
2
  
4. Pembiayaan
  - a. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-1: Rp. 65.500.000
  - b. Jumlah yang diajukan ke Dikti tahun ke-2: Rp. 100.000.000

Mengetahui,  
Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Wahid Hasyim Semarang

Semarang, 31 Desember 2010  
Ketua Peneliti,

Helmy Purwanto, ST., MT  
NPP. 05.01.1.0060

Rita Dwi Ratnani, ST., M.Eng  
NPP. 05.01.1.0067

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat  
Universitas Wahid Hasyim Semarang

Tolkhatul Khoir, S.Ag., M.Ag  
NIP.197701202005011005

## RINGKASAN DAN SUMMARY

Plastics is one of chemical invention that make our life easier. The broaden usage of plastics is caused by plastic's preeminence. However, the preeminence of platics has made it as the biggest source of pollutant. Plastics create so much pollution and landfill crisis that various attempts have been made to solve these problems. One of these attempts is to create a biodegradable plastic from glycerol in Sequencing Batch Bioreactor. This research objectives are to develop the *sequencing batch bioreactor* for PHA production from glycerol and to optimize the process condition toward the PHA productivity. Research on the production of polyhydroxyalkanoates through the glycerol fermentation in a *sequencing batch bioreactor* is investigated both experimentally and modelling. The research sequences are conducted in several steps: design and fabrication of *sequencing batch bioreactor*, polyhydroxyalkanoates productivity test and optimization of the process parameters. The productivity test showed that the addition of methanol in the pretreatment process of PHA recovery has enhance the yield of the PHA extracted from the biomass. The highest PHA recovery was achieved from pretreatment duration of 2 hours submerging in methanol solution. The optimization process showed that the most influencing variables was the nitrogen concentration and the highest PHA recovery was achieved from process conducted with nitrogen concentration of 4 mg/L, Phosporous concentration of 2 mg/L, oxygen concentration of 5 mg/L and the aerobic-anaerobic ratio of 1:4

## **PRAKATA**

Penelitian merupakan unsur kedua Tri Darma Perguruan Tinggi, serta sebagai sarana untuk meningkatkan kualitas pengajar, serta merupakan masukan yang dapat dipergunakan masyarakat.

Puji syukur peneliti panjatkan kehadurat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah dan barokah-Nya sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

Dengan selesainya penelitian ini, peneliti mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Direktorat Jenderal Perguruan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian ini.
2. Pimpinan Universitas Wahid Hasyim Semarang yang telah memberikan kepercayaan untuk melaksanakan penelitian.
3. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Wahid Hasyim Semarang yang telah memberikan rekomendasi sehingga terlaksananya penelitian ini.
4. Dekan Fakultas Teknik Universitas Wahid Hasyim Semarang dan Dekan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro yang telah menyediakan fasilitas untuk melaksanakan penelitian.

Peneliti menyadari laporan ini masih ada kekurangan, oleh sebab itu, kritik dan saran pembaca sangat diharapkan guna perbaikan dan kesempurnaan penelitian ini. Peneliti berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi pihak-pihak yang memerlukan.

Semarang, 11 Desember 2011

Tim Peneliti

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Pengesahan.....	ii
Ringkasan dan Summary .....	iii
Prakata .....	v
Daftar Isi .....	vi
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Gambar .....	ix
Daftar Lampiran .....	x
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>4</b>
2.1 Plastik <i>Biodegradable</i> .....	4
2.2 Polihidroksialkanoat .....	5
2.2.1 Jenis-jenis PHA .....	7
2.2.2 Produksi PHA oleh Lumpur Aktif Anaerobik-Aerobik .....	7
2.3 Sistem Lumpur Aktif .....	8
2.4 Sequencing Batch Reactor.....	8
2.5 Penelitian-penelitian Terdahulu.....	9
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN .....</b>	<b>11</b>
<b>BAB IV METODE PENELITIAN .....</b>	<b>12</b>
4.1 Bahan Penelitian .....	13
4.2 Peralatan Penelitian .....	13
4.3 Studi Produktifitas <i>Polihidroksialkanoat</i> (PHA).....	14
4.4 Prosedur Penelitian .....	15
4.5 Tahap Pembibitan dan Aklimatisasi .....	15
4.6 Tahap Percobaan Utama .....	15
4.7 Prosedur Analisa.....	17
4.7.1 Analisis MLSS ( <i>mixed-liquor suspended solid</i> ).....	18
4.7.2 Analisis PHA .....	18
4.8 Rancangan Riset .....	18
4.8.1 Experimental Desain.....	18
4.8.2 Faktorial Desain Pada Dua Level .....	19
4.9 Aplikasi Bioplastik Untuk Kerajinan Asesoris.....	21
4.10 Analisa Tekno-Ekonomi.....	22
<b>BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>23</b>
5.1 Pembibitan dan Aklimatisasi .....	23
5.2 Studi Produktivitas .....	24
5.3 Optimasi Proses .....	27
5.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya .....	33
5.5 Aplikasi Bioplastik Untuk Kerajinan Asesoris.....	35
5.6 Analisa Tekno-Ekonomi.....	35
5.6.1 Aspek Pasar .....	36
5.6.2 Aspek pemasaran.....	37
5.6.3 Aspek Produksi.....	38

5.6.4 Aspek Ekonomi .....	40
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Rumus PHA dan Turunan Homopolimernya .....	6
Tabel 2. Tabel 2. Percobaan dengan factorial design $2_v^{6-1}$ .....	20
Tabel 3. Rekoveri PHA pada berbagai pelarut .....	25
Tabel 4. Rekoveri PHA pada berbagai variasi tahap aerob- <i>mixing</i> .....	26
Tabel 5. Data level atas dan bawah .....	27
Tabel 6. Data percobaan faktorial desain .....	28
Tabel 7. Harga efek utama dan efek interaksi .....	29
Tabel 8. Analisa tekno-ekonomi.....	42

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Foto bioplastik hasil studi awal .....	3
Gambar 2. Struktur Kimia Monomer PHA .....	6
Gambar 3. Struktur Kimia Turunan Monomer PHA .....	6
Gambar 4. Proses Lumpur Aktif dengan Resirkulasi .....	8
Gambar 5. Skematik tahapan-tahapan penelitian .....	12
Gambar 6. Sequencing Batch Bioreaktor .....	14
Gambar 7. Pembuatan kerajinan asesoris dari bioplastik .....	21
Gambar 8. Bahan limbah sintetis dan alat percobaan.....	23
Gambar 9. Aklimatisasi dan Pembibitan .....	24
Gambar 10. Pengaruh durasi perendaman terhadap perolehan PHA .....	26
Gambar 11. Lintasan metabolisme pembentukan PHB .....	30
Gambar 12. Rekoveri PHA pada berbagai konsentrasi N .....	31
Gambar 13. Pengaruh konsentrasi nitrogen terhadap penyisihan COD dan TKN ....	31
Gambar 14. Pengaruh konsentrasi nitrogen terhadap MLSS .....	32
Gambar 15. Hasil Plastik Goreng berbentuk Gumpalan Tak Beraturan .....	35
Gambar 16. Kontribusi ekspor subsektor industri kreatif tahun 2006.....	37
Gambar 17. Skema jalur pemasaran produk asesoris dari plastik bekas dan bioplastik.....	38
Gambar 18. Skema Produksi Asesoris .....	40

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A. Kurva Baku PHA .....	49
Lampiran B. Contoh Perhitungan.....	53
Lampiran C. Perhitungan Neraca COD.....	56
Lampiran D. Foto Kegiatan Laboratorium.....	58
Lampiran E. Daftar Riwayat Hidup Peneliti .....	60

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

Salah satu sektor dalam kegiatan pembangunan adalah kegiatan industri. Kegiatan ini di beberapa sisi memberi berbagai manfaat dalam kehidupan manusia, namun ada sisi lain yang dianggap dapat menimbulkan akibat yang merugikan yaitu adanya limbah industri yang dapat mencemari lingkungan. Salah satunya adalah limbah industri biodisel berupa gliserol.

Saat ini, produk samping biodisel yang berupa gliserol kebanyakan didigesti dalam pengolahan air. Namun demikian proses tersebut lambat, mahal dan yield yang dihasilkan relatif kecil. Sementara itu, pemanfaatan gliserol dengan cara dimurnikan melalui proses distilasi, dapat digunakan diindustri makanan dan farmasi. Akan tetapi, proses distilasi merupakan proses yang cukup mahal, dan rendahnya harga gliserol menjadikannya tidak ekonomis. Produk samping (gliserol) seringkali mengandung impuritas hingga 50%. Impuritas tersebut berupa biodiesel dan metanol. Hal tersebut merupakan permasalahan utama dalam pemrosesan gliserol. Untuk produksi dalam skala besar, pilihan yang terbaik adalah penggunaan gliserol sebagai bahan bakar. Namun demikian gliserol adalah bahan bakar yang berkualitas rendah, yang tidak terbakar didalam petroleum atau mesin diesel. Pada dekade tahun 2006 pemanfaatan gliserol dilakukan dengan mencampur minyak bakar dan dipakai sebagai bahan bakar. Namun peraturan baru di Eropa telah menghentikan proses *re-cycle* ini, karena khawatir akan polusi yang ditimbulkan dari produk pembakaran yang tidak sempurna. Oleh karenanya, perlu pengembangan proses yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan. Salah satu teknologi yang sesuai untuk mengolah limbah industri biodisel berupa gliserol ( $C_3H_8O_3$ ) adalah dengan pengolahan secara biologis menjadi plastik yang terdegradasi (PHA).

Plastik merupakan salah satu penemuan dibidang kimia yang menjadikan hidup manusia lebih mudah. Penggunaan plastik yang semakin meluas disebabkan oleh kelebihan yang dimilikinya, yaitu plastik mudah dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran, mempunyai ketahanan kimia yang tinggi, dapat diatur keelastisannya, murah, dan dapat bertahan untuk waktu yang lama. Namun demikian, kelebihan ini pula yang menjadikan plastik sebagai salah satu polutan yang sangat besar pengaruhnya. Karena murah, orang membuang plastik dengan mudah dan menjadikannya tumpukan sampah yang sulit dihancurkan oleh alam. Sebagai gambaran, diperkirakan lebih dari 100 juta ton plastik diproduksi setiap tahun di seluruh dunia. Konsumsi plastik di India adalah 2 kg per orang per tahun, sementara di Eropa 60 kg

per orang per tahun dan di Amerika 80 kg per orang per tahun. Hal ini menyebabkan sampah plastik terakumulasi sebanyak 25 juta ton per tahun [Jogdand, 2000].

Sampah plastik sangat mengganggu keindahan kota, menimbulkan banjir di berbagai daerah dan menyebabkan kematian pada banyak hewan. Suatu program TV di India telah melaporkan kematian 100 ekor sapi per hari akibat tak sengaja memakan kantong plastik. Sedangkan laporan terbaru dari Amerika menyimpulkan adanya lebih dari 100.000 hewan laut yang mati per tahun karena sebab yang sama. Dalam perut setiap hewan tersebut ditemukan plastik, yang menyebabkan pencernaan terhalang dan mengakibatkan kelaparan.

Salah satu upaya yang dilakukan untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh plastik tersebut adalah dengan membuat material plastik yang dengan mudah dapat diuraikan oleh alam. Plastik semacam ini dinamakan plastik biodegradabel. Jenis plastik ini sangat sesuai dengan siklus karbon alami, karena ketika dibuang ke lingkungan dan didegradasi oleh mikroorganisme diperoleh hasil CO<sub>2</sub>. Peristiwa biodegradasi dapat terjadi di semua lingkungan, baik pada kondisi aerob maupun anaerob, dan di dalam tubuh hewan. Bila plastik biodegradabel dibakar, hasil pembakaran tersebut bukan merupakan senyawa beracun.

*Polihidroksialkanoat* (PHA) adalah salah satu jenis plastik biodegradabel yang termasuk dalam kelompok poliester. PHA dapat terdegradasi sempurna dan memiliki sifat yang mirip dengan kelebihan yang dimiliki oleh plastik konvensional. Nilai tambah PHA dibandingkan dengan plastik biodegradabel lain adalah bahan bakunya selalu dapat diperbaharui (*renewable*), seperti glukosa dan asam lemak volatil. PHA dapat dihasilkan dari bermacam-macam bakteri, seperti *Alcaligenes latus*, *Pseudomonas oleovorans* dan *Escherichia coli*. Masing-masing bakteri akan menghasilkan PHA dengan komposisi yang berbeda. Jenis substrat yang dikonsumsi oleh bakteri pun menentukan jenis PHA yang diproduksi.

Produksi PHA saat ini semakin berkembang luas karena kebutuhan plastik yang 'ramah lingkungan' semakin meningkat. Namun demikian, pemakaian PHA sebagai material pengganti plastik konvensional dibatasi oleh harga jual yang sangat mahal. Kendala ini berasal dari biaya produksi yang cukup tinggi, terutama biaya untuk memenuhi kebutuhan substrat dan biaya pengambilan dan pemurnian PHA dari biomassa. Untuk menekan biaya substrat dilakukan upaya pemanfaatan substrat yang selama ini terbuang, yaitu bahan-bahan organik yang terdapat dalam limbah industri (Arifan, dkk., 2005., Handayani, dkk., 2007., Achmad, dkk., 2008., Budihardjo, dkk., 2009).

Pemanfaatan limbah industri biodisel merupakan suatu alternatif dalam memproduksi bioplastik, mengingat limbah tersebut merupakan sumber karbon yang berpotensi menghasilkan kopolimer PHA. Pengolahan limbah secara biologis ini menggunakan sistem lumpur aktif yang mengandung bermacam-macam mikroorganisme. Selain dapat menghasilkan PHA dengan biaya substrat rendah, cara ini dapat mengurangi lumpur hasil pengolahan limbah dengan sistem lumpur aktif. **Studi awal** telah dilakukan dalam skala laboratorium dengan menggunakan substrat berasal dari limbah industri pangan dan gliserol. Hasil kajian menunjukkan bahwa fermentasi menggunakan mikroba dari lumpur aktif sangat prospektif dan menjanjikan dalam produksi plastik biodegradabel (Arifan, dkk., 2005., Handayani, dkk., 2007., Achmad, dkk., 2008., Budihardjo, dkk., 2009).

Hasil studi awal dengan menggunakan lumpur aktif konvensional tersaji pada Gambar 1. Namun demikian, proses fermentasi dengan sistem lumpur aktif konvensional yang dilakukan memiliki kelemahan, yaitu perolehan PHA relatif masih sedikit. Oleh karenanya, perlu memodifikasi sistem lumpur aktif konvensional dengan menggunakan *sequencing batch bioreactor* (SBB). Modifikasi dengan menggunakan SBB dilengkapi dengan sistem pengaturan operasi untuk mengendalikan jalannya proses anaerobik-aerobik diharapkan mampu mengatasi kelemahan, sehingga PHA dapat terakumulasi semaksimal mungkin. Untuk itu, perlu menelaah pengembangan *sequencing batch bioreactor* untuk produksi bioplastik (*polihidroksialkanoat*) dari limbah industri biodisel dan aplikasinya pada kerajinan asesoris. Kajian penelitian ini diarahkan untuk memperoleh data-data teknis yang diperlukan dalam perancangan *sequencing batch bioreactor*, scale-up bioreaktor dan pengoperasian proses.



Gambar 1. Foto bioplastik hasil studi awal

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

Karakterisasi limbah industri biodisel berupa gliserol adalah volume limbah tinggi, beban rendah, berisi senyawa organik yang dapat didegradasi oleh mikroorganisme. Ciri utama dari limbah industri biodisel adalah BOD (*Biological oxygen demand*) yang cukup tinggi, dengan ditandai warna kehitaman akibat proses pemanasan. Salah satu sistem yang cocok untuk mengolah produk samping industri biodisel berupa gliserol adalah dengan mengolah menjadi plastik biodegradabel.

Kebutuhan akan plastik biodegradabel menjadi sangat mendesak saat ini mengingat penggunaan plastik konvensional yang begitu luas dan dampak yang ditimbulkannya terhadap lingkungan. Dalam pembahasan mengenai polihidroksialkanoat (PHA), hal-hal yang harus diperhatikan dipaparkan dalam paragraf-paragraf di bawah ini.

#### 2.1 Plastik Biodegradabel

Biodegradasi adalah suatu mekanisme penguraian yang dilakukan oleh mikroorganisme. Secara sederhana, mekanisme biodegradasi dapat dijelaskan sebagai berikut : Sel

menghasilkan enzim ekstraseluler yang disekresikan ke lingkungan untuk memecah makromolekul yang tidak dapat menembus dinding sel. Enzim ekstraseluler terdiri atas dua, yaitu endoenzim yang memecah ikatan di dalam makromolekul dan eksoenzim yang menghidrolisa ikatan ujung makromolekul.

Keuntungan mekanisme ini adalah tidak membutuhkan biaya (jika terjadi secara alami), lebih aman dan memberikan degradasi sempurna. Di alam, biodegradasi dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, yaitu temperatur, cahaya, nutrisi, pH, kandungan oksigen dan air, kehadiran enzim, mikro dan makroorganisme. Untuk lebih memudahkan proses ini berlangsung, perlu dilakukan modifikasi produk dengan mencari bahan baku alternatif yang mudah diterima oleh alam.

Proses biodegradasi dapat dibagi dua, yaitu biodegradasi sebagian dan biodegradasi seluruhnya. Plastik fotodegradabel mempunyai gugus-gugus yang sensitif terhadap sinar/cahaya, menghasilkan bagian-bagian kecil yang tak terdegradasi, yang menyebabkan menurunnya kekuatan bahan. Jenis plastik yang terbiodegradasi sebagian merupakan campuran antara polimer sintesis dengan polimer alam, seperti polietilen dengan penambahan pati atau selulosa. Contoh-contoh plastik yang terbiodegradasi seluruhnya adalah plastik berbasis pati, selulosa dan poliester alam (polihidroksialkanoat, polilaktat, polikaprolakton). Plastik dengan bahan dasar pati memiliki beberapa kelemahan, yaitu tidak resisten terhadap air dan rapuh.

Produksi plastik biodegradabel pengganti plastik konvensional dilakukan dengan:

1. Modifikasi bahan yang sudah ada

Cara ini dilakukan dengan menambahkan bahan baku polimer alam ke dalam bahan polimer sintesis. Plastik jenis ini dapat diaplikasikan sebagai kapsul dan barang sekali pakai.

2. Kopolimerisasi secara kimia dari bahan-bahan biodegradabel yang sudah ada

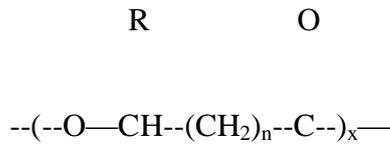
Kopolimerisasi merupakan gabungan dua macam atau lebih monomer untuk membentuk polimer, seperti plastik biodegradabel yang dikembangkan di Jepang, yaitu campuran 50-80% polikaprolakton dalam poliolefin khusus, sehingga memiliki sifat biodegradabilitas dan kekuatan yang tinggi.

3. Penggunaan biopolimer

Biopolimer diperoleh dari tahap pertumbuhan mikroorganisme atau dari tumbuhan yang direkayasa secara genetika untuk menghasilkan polimer. Contoh umum plastik dari jenis ini adalah polihidroksialkanoat dan asam polilaktat.

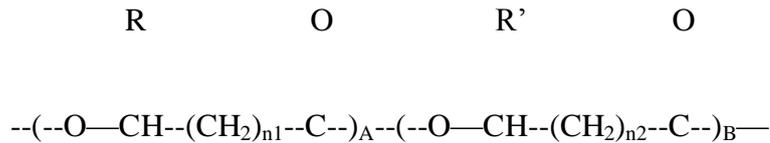
## 2.2 Polihidroksialkanoat

Polihidroksialkanoat (PHA) merupakan salah satu jenis polimer yang termasuk dalam kelompok poliester, yang dihasilkan oleh mikroorganisme sebagai bahan energi cadangan saat nutrisi esensial, seperti nitrogen atau fosfor, ada dalam jumlah terbatas dalam sumber karbon yang berlebihan. Perhatian terhadap PHA sebagai bahan alternatif pengganti bahan baku plastik konvensional semakin berkembang, karena ia memiliki kelebihan yang sama dengan plastik konvensional dan dapat didegradasi sempurna oleh mikroorganisme di semua lingkungan, seperti tanah, air laut dan danau. Degradasi ini menghasilkan air dan CO<sub>2</sub> pada kondisi aerob, dan pada kondisi anaerob dihasilkan pula metana. Disamping itu, PHA terbuat dari sumber yang dapat diperbaharui, seperti glukosa dan asam-asam lemak volatil. Struktur umum PHA ditunjukkan pada Gambar 2. dan 3.



Gambar 2. Struktur kimia monomer PHA

Tabel 1. menjelaskan rumus yang digunakan untuk struktur monomer PHA dan nama-nama turunan homopolimer yang dihasilkannya.



Gambar 3. Struktur kimia Turunan Monomer PHA

Keterangan :  $n_1 = 1, n_2 = 1, R = \text{metil}, R' = \text{etil}$ , dinamakan P(3HB-ko-3HV)  
 $n_1 = 1, n_2 = 2, R = \text{metil}, R' = \text{H}$ , dinamakan P(3HB-ko-4HB)  
 dengan A dan B merupakan jumlah kesatuan yang berulang

Tabel 1. Rumus PHA dan turunan homopolimernya

n	Gugus R	PHA
1	hidrogen	Poli (hidroksipropionat)
1	metil	Poli (3-hidroksibutirat)
1	etil	Poli (3-hidroksivalerat)
1	propil	Poli (3-hidroksiheksanoat)
1	butil	Poli (3-hidroksiheptanoat)
1	pentil	Poli (3-hidroksioktanoat)
1	heksil	Poli (3-hidroksinonanoat)
1	heptil	Poli (3-hidroksidekanoat)
1	oktil	Poli (3-hidroksiundekanoat)
1	nonil	Poli (3-hidroksidodekanoat)
2	hidrogen	Poli (4-hidroksibutirat)
2	metil	Poli (4-hidroksivalerat)
2	etil	Poli (4-hidroksikaproat)
3	hidrogen	Poli (5-hidroksivalerat)
3	metil	Poli (5-hidroksiheksanoat)
4	heksil	Poli (6-hidroksidodekanoat)

Menurut PHA yang dihasilkan, bakteri penghasil PHA terbagi atas dua grup, yaitu grup yang memproduksi PHA rantai pendek dengan monomer C3–C5 (termasuk *Alcaligenes eutrophus*) dan grup yang mensintesa PHA rantai sedang dengan monomer C6-C14 (termasuk

*Pseudomonas oleovorans*). Disamping itu, terdapat dua grup bakteri menurut kondisi yang dibutuhkan untuk menghasilkan PHA. Grup pertama membutuhkan pembatasan suatu nutrisi esensial, seperti N, P, Mg, K, O atau S untuk sintesa PHA yang efisien dalam sumber karbon yang berlebihan. Bakteri yang termasuk dalam grup ini adalah *Alcaligenes eutrophus*, *Protomonas extorquens* dan *Pseudomonas oleovorans*. Bakteri dari grup kedua, seperti *Alcaligenes latus* dan rekombinan *Escherichia coli*, tidak membutuhkan pembatasan tersebut dan dapat mengakumulasi PHA selama pertumbuhannya.

### 2.2.1 Jenis-jenis PHA

Jenis PHA sangat ditentukan oleh substrat yang dikonsumsi oleh mikroorganisme dan jenis mikroorganisme itu sendiri. Dari sekian banyak macam PHA, poli (3-hidroksibutirat) atau dikenal sebagai PHB, merupakan jenis yang paling banyak dihasilkan. PHB merupakan keluarga PHA yang paling sederhana dan paling banyak ditemukan pada mikroorganisme. Biopolimer ini pertama kali diketahui oleh Lemoigne pada tahun 1926. Berat molekul PHA dapat mencapai lebih dari 2.000.000 (20.000 monomer per molekul polimer).

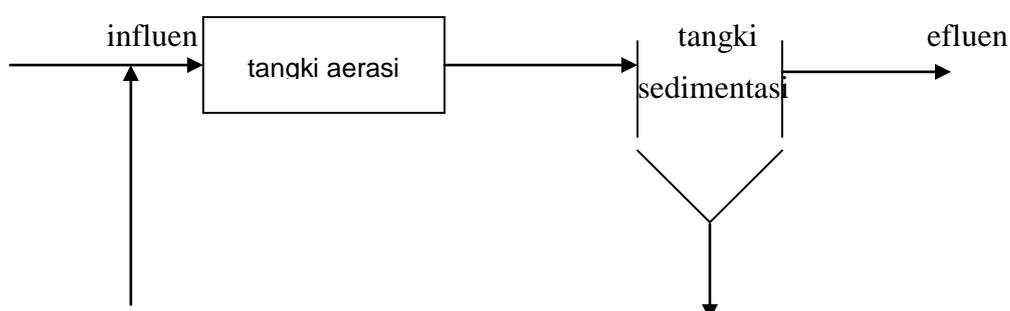
### 2.2.2 Produksi PHA oleh Lumpur Aktif Anaerobik-Aerobik

Pada saat ini, produksi plastik PHA seluruhnya dilakukan dengan cara fermentasi, yaitu mikroorganisme yang digunakan berupa kultur murni. Meskipun hasil yang didapatkan cukup besar, tetapi cara ini membutuhkan biaya tinggi untuk menjaga kondisi tetap stabil dan peralatan tetap steril agar kultur yang dihasilkan benar-benar murni. Selain itu, biaya yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan substrat pun cukup besar pula.

Untuk mengatasi kendala biaya tersebut, telah dilakukan beberapa penelitian yang memanfaatkan lumpur aktif untuk menghasilkan PHA. Lumpur aktif adalah suatu sistem pertumbuhan tersuspensi yang terdiri dari suatu massa mikroorganisme, yang disuplai dengan bahan organik dan oksigen secara konstan [Horan, 1991]. Keuntungan yang diharapkan adalah biaya produksi biomassa penghasil polimer dan substrat akan menjadi minimal, dan biaya untuk pembangunan fasilitas juga akan berkurang. Usaha yang terus dilakukan oleh para peneliti hingga saat ini adalah meningkatkan kandungan polimer yang dihasilkan dalam lumpur aktif, karena tahap ekstraksi dan pemurnian polimer dari biomassa merupakan tahap dengan biaya yang paling besar.

### 2.3 Sistem Lumpur Aktif

Sistem lumpur aktif adalah suatu proses pengolahan limbah secara biologis, yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa organik terlarut dan tak terlarut dari suatu aliran limbah dan mengubahnya menjadi suatu suspensi mikroba terflokulasi yang siap diendapkan. Sistem yang ditemukan oleh Arden dan Lockett pada tahun 1914 ini terdiri dari oksidasi limbah organik oleh bakteri diikuti dengan pemisahan padatan tersuspensi dari aliran limbah



lumpur

Gambar 4. Proses lumpur aktif dengan resirkulasi [Henze, 1995]

#### 2.4 Sequencing Batch Reactor

Proses lumpur aktif yang dioperasikan paling awal menggunakan sebuah reaktor batch dan dikenal sebagai proses *fill and draw*. Reaktor ini diisi dengan aliran limbah dan diaerasi selama waktu tertentu untuk mengoksidasi sebagian besar BOD. Kemudian campuran tersebut diendapkan dan aliran yang telah jernih dikeluarkan dari reaktor. Sebagian lumpur yang terendapkan dibuang dan keseluruhan proses diulang kembali. Semula proses ini kurang diminati karena banyaknya operator kontrol yang dibutuhkan. Dengan modifikasi pada proses kontrol, proses ini menjadi populer kembali dan dikenal sebagai *sequencing batch reactor* (SBR).

Sebuah sistem SBR dapat menjalankan beberapa proses, seperti oksidasi karbon, nitrifikasi, denitrifikasi dan penghilangan fosfat, pada reaktor yang sama. Satu siklus SBR terdiri dari tahap:

- a. Pengisian (*fill*), yang bertujuan untuk menambahkan umpan ke dalam reaktor. Tahap ini membutuhkan kondisi konsentrasi oksigen terlarut (DO) yang berbeda, dimana periode aerobik (DO tinggi) menentukan karakteristik pengendapan mikroba dan periode anaerobik (DO nol) atau *anoxic* (DO rendah) diperlukan untuk penghilangan nitrogen dan fosfor.
- b. Reaksi (*react*), yang bertujuan untuk menyempurnakan reaksi yang sudah dimulai pada tahap pengisian.
- c. Pengendapan (*settle*), yang bertujuan untuk memberi kesempatan bagi padatan/lumpur untuk mengendap agar supernatan dapat terpisah.
- d. Pemisahan (*draw/decant*), yang bertujuan untuk mengeluarkan supernatan dari reaktor sebagai efluen.
- e. Persiapan (*idle*), yang bertujuan untuk menyediakan waktu pengaturan bila akan dirangkai dengan unit lain. Pada tahap ini aerasi dijalankan dan dilanjutkan sampai saat pengisian pada siklus berikutnya.

#### 2.5 Penelitian-penelitian Terdahulu

Sejak pertama kali ditemukan oleh Lemoigne, PHA telah menjadi bahan penelitian yang menarik untuk dikembangkan. Penelitian-penelitian ini mencakup banyak hal yang

mempengaruhi pembentukan PHA, seperti jenis bakteri, jenis substrat, perbandingan substrat dan proses produksinya. Pada intinya semua penelitian tersebut bertujuan untuk mendapatkan kandungan PHA yang tinggi dalam sel dan memurnikannya dengan biaya yang tidak terlalu mahal.

Untuk mengurangi biaya substrat, Chua dkk. [1997] menggunakan bakteri lumpur aktif dalam sistem pengolahan limbah untuk mengakumulasi PHA dengan cara mengatur nisbah C : N. Perolehan polimer spesifik maksimum adalah 0,37 g PHA/g sel pada nisbah C : N = 144, dengan kompensasi penurunan perolehan pertumbuhan spesifik. Nisbah C : N = 96 memberikan perolehan produksi polimer maksimum sebesar 0,093 g polimer/g substrat yang dikonsumsi.

Bakteri *Rhodobacter sphaeroides* (IFO 12203) kembali digunakan dalam penelitian Sidikmarsudi dan Setiadi [1997], dengan medium asam asetat dan campuran asam asetat – asam propionat. Konsentrasi karbon ditetapkan sebesar 2 g/L untuk setiap medium. Nisbah C : N divariasikan dan percobaan dilakukan dalam labu kocok dengan putaran 100 rpm, suhu 30°C dan intensitas penyinaran 2500 lux. Kandungan PHA maksimum didapatkan pada nisbah C : N tak terhingga, yaitu 0,21 g PHB/g sel dan 0,17 g P(HB-ko-HV)/g sel. Dari penelitian ini didapatkan komposisi hidroksivalerat maksimum adalah 18%.

Untuk mengetahui gambaran yang lebih jelas tentang pengaruh asam propionat terhadap komposisi hidroksivalerat, dilakukan penelitian oleh Setiadi dkk. [1998] dengan memvariasikan komposisi asam propionat di dalam substrat. Dalam percobaan ini digunakan intensitas penyinaran 24000 lux dengan kondisi lain tetap. Penelitian yang dilakukan oleh Presti [1998] juga menggunakan medium yang sama, dengan variasi pada komposisi asam asetat – asam propionat dan jumlah karbon total (2 dan 4 g/L). Bakteri yang digunakan adalah *Rhodospirillum rubrum* (IFO 3986). Dari hasil penelitian didapatkan bahwa peningkatan jumlah karbon total meningkatkan kandungan PHA dalam sel. Kandungan PHA maksimum yang diperoleh adalah 0,58 g/g sel dengan komposisi hidroksivalerat maksimum sebesar 26%.

Pada tahun 1998, Yu dkk. melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh sumber karbon yang berbeda terhadap nisbah PHB : PHV. Sebagai sumber karbon digunakan bermacam-macam limbah makanan, dengan kondisi DO = 2 mg/L, suhu 35°C dan pH = 7. Produksi PHA maksimum diperoleh dari limbah malt sebagai sumber karbon dengan bantuan bakteri *Alcaligenes latus* DSM 1124, yaitu sebesar 70% g/g sel. Satoh dkk. [1998] memfokuskan penelitian mereka pada peningkatan kandungan PHA dalam lumpur aktif.

Selanjutnya, Wong dkk. [2000] melakukan penelitian yang juga menggambarkan produksi PHA dari limbah industri makanan menggunakan kultur campuran mikroorganisme lumpur aktif. Alat yang digunakan berupa SBR dengan 14 siklus, dimana satu siklus memerlukan waktu 10 jam. Purnama dan Setiadi [2001] mencoba mempelajari kinerja sistem pengolahan limbah lumpur aktif menggunakan SBR dalam mengakumulasi PHA. Mereka menggunakan limbah sintesis tapioka dengan nilai COD sekitar 1500 mg/L. Sondjaya dkk. [2001] kembali mempelajari kinerja SBR, dengan memvariasikan rasio waktu aerob : anaerob. Kali ini diterapkan siklus pendek dalam satu run, yaitu dengan menerapkan tahap aerasi dan tahap mixing secara berselang-seling.

### **BAB III**

#### **TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN**

Penelitian yang dilakukan ini mempunyai beberapa tujuan khusus, sebagai berikut:

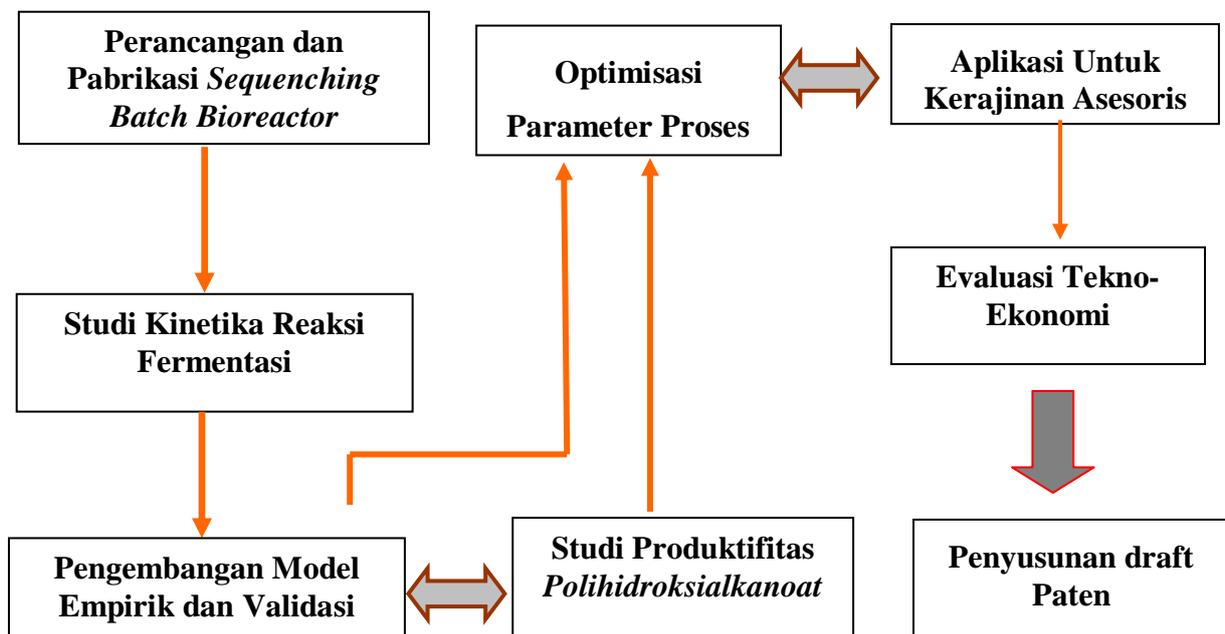
1. Mengkaji aktifitas mikroba dalam lumpur aktif industri tekstil untuk mengkonversi limbah biodisel berupa gliserol menjadi *polihidroksialkanoat* (PHA).
2. Mengembangkan *sequencing batch bioreactor* untuk proses produksi PHA.
3. Mempelajari kinetika reaksi fermentasi substrat gliserol hasil samping industri biodisel menjadi *polihidroksialkanoat*.
4. Studi *immobilisasi* mikroba dan penambahan metanol terhadap produktifitas PHA.
5. Optimisasi kondisi operasi proses terhadap produktifitas *polihidroksialkanoat* (PHA).
6. Mengkaji scale-up *sequencing batch bioreactor* berdasarkan model empiris kinetika reaksi fermentasi.
7. Aplikasi bioplastik untuk kerajinan asesoris.
8. Analisa kelayakan investasi.

Hasil penelitian ini bermanfaat untuk menjaga kelestarian lingkungan dan merupakan informasi teknologi pemanfaatan limbah gliserol dari industri biodisel sebagai plastik *biodegradable* (*Polihidroksialkanoat*) dengan spesifikasi produk sesuai standar kualitas yang digunakan dalam industri plastik konvensional. Bioplastik yang dihasilkan dari gliserol diharapkan dapat diaplikasikan untuk kerajinan asesoris. Plastik *biodegradable* (PHA) yang dihasilkan dari reaksi fermentasi substrat limbah cair industri biodisel dengan memanfaatkan mikroba yang bersumber dari lumpur aktif pabrik tekstil dalam *sequencing batch bioreactor*. Selain itu, diperoleh model matematis kinetika reaksi fermentasi dan kondisi optimum proses produksi plastik *biodegradable* yang sangat penting dalam pengembangan prototipe *sequencing batch bioreactor* skala laboratorium berbasis komputerisasi. Diharapkan informasi teknologi ini nantinya dapat dikembangkan, dimanfaatkan dan diproduksi secara terpadu oleh industri – industri plastik secara komersial.

## BAB IV METODE PENELITIAN

Penelitian tentang pembuatan *polihidroksialkanoat* melalui reaksi fermentasi limbah biodisel berupa gliserol dalam *sequencing batch bioreactor* akan diinvestigasi baik secara eksperimen maupun pemodelan. Secara skematik pelaksanaan tahapan-tahapan penelitian disajikan pada Gambar 5. Rangkaian penelitian dilaksanakan secara bertahap meliputi:

- Perancangan dan pabrikasi *sequencing batch bioreactor*
- Studi kinetika reaksi fermentasi limbah biodisel (gliserol) menjadi *polihidroksialkanoat*
- Telaah model matematis kinetika reaksi fermentasi dengan komputasi proses
- Studi produktifitas *polihidroksialkanoat*
- Optimisasi parameter-parameter proses
- Aplikasi bioplastik untuk kerajinan asesoris
- Evaluasi tekno-ekonomi dan penyusunan draft paten



Gambar 5. Skematik tahapan-tahapan penelitian

Untuk mendapatkan gambaran metodologi yang runtut dengan hasil/kemajuan yang direncanakan setiap tahunnya, maka penelitian ini dirancang sebagai berikut:

## **Tahun I**

Pada tahun pertama telah dihasilkan alat *sequencing batch bioreactor* dan disusun model kinetika reaksi fermentasi.

## **Tahun II**

Pada tahun kedua, penelitian akan dilakukan pada skala laboratorium. Kegiatan yang akan dilakukan antara lain :

- a. Studi produktifitas *polihidroksialkanoat* (PHA)
- b. Optimisasi parameter-parameter proses
- c. Aplikasi bioplastik untuk kerajinan asesoris
- d. Analisa Tekno-Ekonomi

### **4.1 Bahan Penelitian**

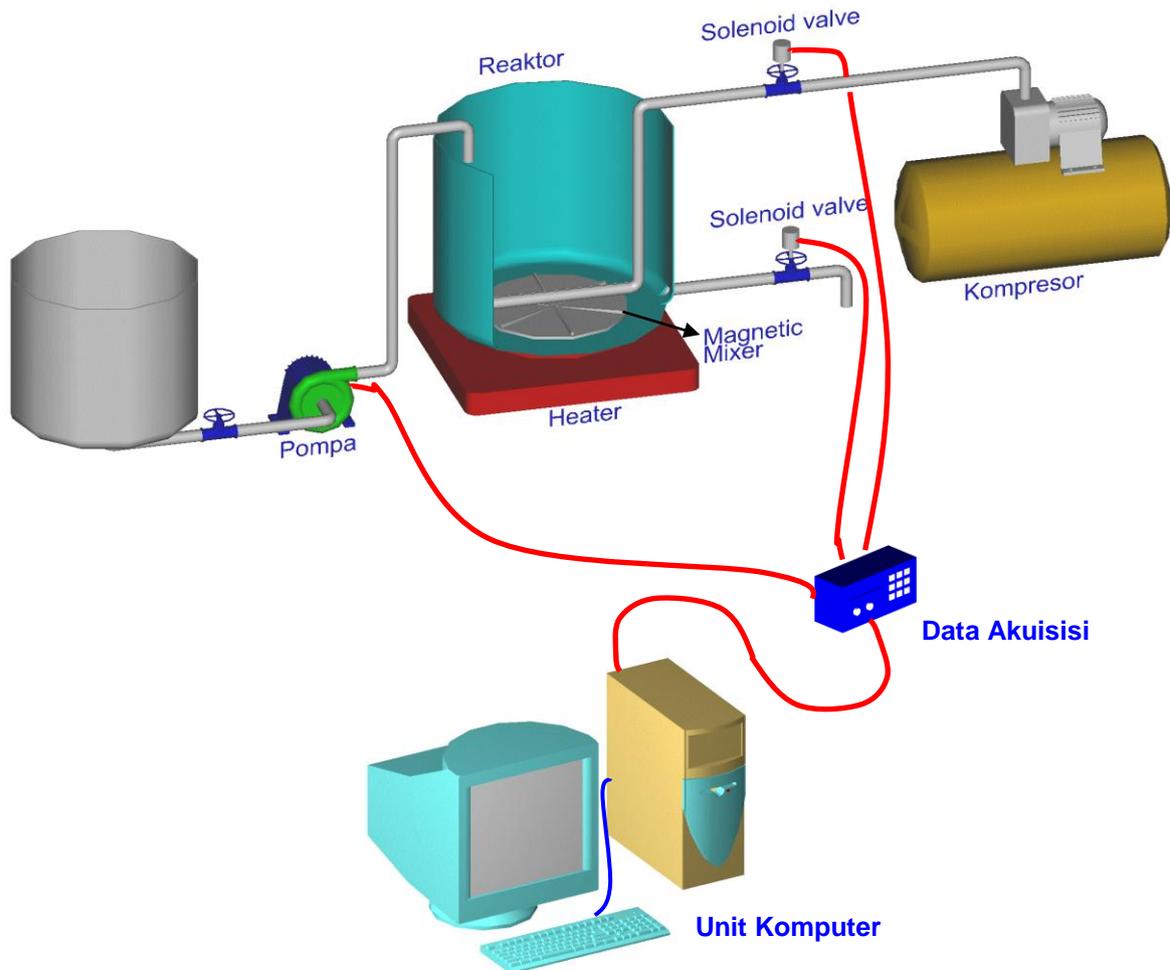
Bahan baku yang akan digunakan pada penelitian ini adalah limbah industri biodisel berupa gliseroldan bahan-bahan untuk keperluan analisa seperti: metanol, kloroform, kalium dikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ), air demin, ferro amonium sulfat (FAS), 1,10-phenanthroline monohydrate,  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ ,  $H_2SO_4$ ,  $Ag_2SO_4$ , dan  $HgSO_4$ . Bahan-bahan kimia ini membeli dari Bratachem Semarang. Selain itu digunakan lumpur aktif yang berasal dari limbah tekstil di Ungaran. Gliserol diperoleh dari UKM Biodisel CV. Kebanggaan Anda, Kutoarjo, Jawa Tengah.

### **4.2 Peralatan Penelitian**

Peralatan utama pada penelitian ini digunakan *sequencing batch bioreactor* (SBB) yang merupakan salah satu modifikasi dari sistem pengolahan limbah lumpur aktif. SBB dilengkapi dengan sistem pengaturan operasi untuk mengendalikan jalannya proses anaerobik-aerobik. Peralatan utama yang digunakan untuk memproduksi PHA berupa rangkaian SBB yang terdiri atas bioreaktor berukuran  $(20 \times 20 \times 25) \text{ cm}^3$  yang terbuat dari bahan *flexiglass* (Gambar 6). Bioreaktor ini dilengkapi dengan sistem aerasi, sistem pengaduk magnet, sistem pengumpanan, dan sistem pembuangan. Peralatan utama dilengkapi dengan peralatan pendukung yang berupa tangki umpan, katup-katup, dan tangki keluaran.

Hasil yang diperoleh dari proses yang terjadi dalam peralatan utama dengan bantuan peralatan pendukung tersebut di atas kemudian dianalisa untuk dapat diambil kesimpulan penelitian yang telah dilakukan. Peralatan yang diperlukan untuk analisis sampel meliputi instrumen analisis dan peralatan gelas atau penunjang. Instrumen analisis berupa neraca, pH

meter, oven, alat sentrifugasi, pengukur titik leleh, dan spektrofotometer ultraviolet. Sedangkan peralatan penunjangnya adalah pompa vakum, desikator, digester, kondensor, pemanas listrik, gelas kimia, labu erlenmeyer, buret, pipet volum, labu takar, gelas ukur, dan lain-lain.



Gambar 6. Sequencing Batch Bioreaktor

#### 4.3 Studi Produktifitas *Polihidroksialkanoat* (PHA)

Pengukuran data dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pengolahan Limbah Teknik Kimia UNWAHAS Semarang, Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah Teknik Lingkungan UNDIP Semarang dan Laboratorium Rekayasa Industri Kreatif PSD III Teknik Kimia UNDIP Semarang. Usaha-usaha yang dapat meningkatkan produktifitas *polihidroksialkanoat* diantaranya penggunaan immobilisasi mikroba (Ates, dkk. 2002),

penambahan metanol (El-Holi dan Al-Delaimy, 2002). Adanya metanol akan melemahkan dinding sel dan membran sehingga meningkatkan aliran *polihidroksialkanoat* yang keluar dari sel sekaligus menyebabkan lebih banyak karbon masuk ke dalam sel. Metanol dapat menghambat sintesa protein akibatnya dihasilkan  $\text{NH}_4$  eksess, hal ini juga melemahkan dinding sel dan membran.

#### **4.4 Prosedur Penelitian**

Prosedur penelitian dibagi menjadi dua tahap, yaitu (1) tahap pembibitan dan aklimatisasi, dan (2) tahap percobaan utama. Pengamatan pada tahap kedua dibedakan menjadi dua, yaitu pada kondisi transien dan pada kondisi stabil.

#### **4.5 Tahap Pembibitan dan Aklimatisasi**

Pembibitan bertujuan untuk menyediakan bibit mikroorganisme yang akan dipakai dalam pengolahan limbah. Pada percobaan ini, lumpur yang digunakan berasal dari pengolahan limbah industri tekstil. Setelah mikroorganisme berkembang dan mencapai konsentrasi tertentu, dilakukan aklimatisasi yang bertujuan untuk menjadikan mikroorganisme adaptif dengan lingkungan yang sesuai pada percobaan yang dilakukan, sehingga mikroorganisme dapat berkembang biak dengan baik.

#### **4.6 Tahap Percobaan Utama**

Lumpur aktif sebanyak 1,5 liter dimasukkan ke dalam reaktor. Kemudian reaktor diisi dengan limbah biodisel berupa gliserol hingga mencapai volum kerja 6 liter. Satu siklus SBB membutuhkan waktu 12 jam. Kondisi-kondisi yang diusahakan tetap adalah temperatur kamar, pH netral (pada awal operasi), dan SRT selama 20 hari. Variabel tetap lainnya adalah waktu pengendapan 6 jam dan waktu dekantasi 1 jam. Rasio waktu aerob : anaerob juga ditetapkan 3 : 6 jam/jam, dimana pada penelitian yang dilakukan oleh Purnama [2001] rasio ini memberikan hasil PHA terbesar. Kondisi aerob dicapai dengan mengalirkan udara ke dalam reaktor hingga kelarutan oksigen sekitar 2 mg/L. Pada kondisi anaerobik, sistem pengaduk magnet dijalankan untuk membantu sirkulasi dan mencegah pengendapan, sehingga reaksi masih dapat terus berlangsung.

Pada akhir waktu siklus, sampel diambil dan dianalisis untuk besaran-besaran MLSS, COD, TKN, dan kandungan PHA. Pengamatan ini dilakukan sampai diperoleh kondisi stabil, dimana konsentrasi MLSS dan COD efluen relatif tetap. Setelah kondisi stabil dicapai, dilakukan pengamatan setiap jam selama siklus operasi SBR untuk besaran-besaran pH,





Hahn dkk. [1993]. PHA yang larut dalam kloroform dianalisa konsentrasinya dengan cara yang dilakukan oleh Law dan Slepecky [1961].

#### **4.8 Rancangan Riset**

Riset yang akan dilakukan merupakan riset dengan rancangan eksperimen murni. Percobaan direncanakan dengan menggunakan faktorial design dengan ulangan 2 kali. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis varian menggunakan normal probability plot atau menggunakan program *Matlab*®, untuk mengetahui apakah ada pengaruh variabel bebas terhadap variabel terganggunya. Untuk mencari kondisi optimumnya digunakan metode *Respon Surface Methodology*. Pengukuran data dilakukan di Laboratorium Rekayasa Pengolahan Limbah Teknik Kimia UNWAHAS Semarang, Laboratorium Teknologi Pengolahan Limbah Teknik Lingkungan UNDIP Semarang dan Laboratorium Rekayasa Industri Kreatif PSD III Teknik Kimia UNDIP Semarang

##### **4.8.1 Experimental Desain**

Analisa data pada penelitian ini menggunakan sistem eksperimental design yang berarti sekumpulan percobaan (tempuhan) yang dirancang untuk memperoleh data-data konkret untuk membuktikan suatu hipotesa. Pada eksperimental design setiap variabel yang diuji ditentukan pada beberapa harga, biasanya dua harga untuk variabel bebas. Kemudian variabel bebas tersebut dikombinasikan pada semua kemungkinan yang ada. Dari kombinasi variabel bebas tersebut akan didapatkan data-data yang akan digunakan pada pengambilan kesimpulan dengan menggunakan metode statistik.

Eksperimental design adalah salah satu cara yang sering digunakan dibandingkan cara-cara lain yang konvensional, karena mempunyai beberapa kelebihan yaitu :

- Eksperimental design hanya membutuhkan tempuhan yang lebih sedikit untuk mengetahui efek-efek pada semua variabel.
- Kondisi optimum yang didapat lebih tepat karena mengikutsertakan faktor-faktor interaksinya.
- Pengambilan kesimpulan lebih pasti karena didukung metode perhitungan statistika yang mudah dan cukup sederhana.

Eksperimental design mempunyai beberapa cara, antara lain metode faktorial design pada level dua yang dipakai pada penelitian ini.

##### **4.8.2 Faktorial Desain Pada Dua Level**

Pada faktorial design biasanya seorang peneliti memilih sejumlah level atau variasi tertentu untuk setiap variabel dan melakukan percobaan dengan seksama dengan kemungkinan-kemungkinan kombinasi dari variabel-variabel tersebut. Bila ada  $I_1$  level pada faktor pertama,  $I_2$  level pada faktor kedua,  $I_k$  untuk faktor ke n, maka akan dilakukan  $I_1 \times I_2 \times \dots \times I_k$  buah.

Seringkali peneliti menggunakan faktorial design pada dua level yang dipakai yaitu level tinggi dan level rendah. Ini mempunyai beberapa alasan, yaitu :

- Perancangan hanya membutuhkan sedikit tempuhan untuk setiap variabel sehingga menghemat biaya dan waktu.
- Meskipun peneliti tidak mencakup rentang yang luas, namun dapat menunjukkan kecenderungan yang nyata sehingga dapat menentukan arah penelitian lebih lanjut.
- Bila dibutuhkan rentang yang lebih luas dapat dilakukan penambahan untuk membentuk rancangan gabungan.
- Faktorial design merupakan dasar dari fraksional faktorial design yang penting untuk penelitian tahap awal yang mencakup banyak faktor.
- Pada perancangan ini dapat dilakukan *building block* untuk menyesuaikan derajat kerumitan rancangan dengan masalah yang dihadapi.

Interpretasi hasil pengamatan dan rancangan metode ini menggunakan cara yang sederhana yaitu perhitungan aritmatika biasa.

Langkah-langkah percobaan dua level, untuk enam variabel bebas dilakukan dengan faktorial design  $2_v^{6-1}$  yang tersaji pada Tabel 2. Penentuan variabel yang berpengaruh dapat menggunakan normal probability plot, setelah dilakukan perhitungan main efek dan perhitungan interaksi atau menggunakan program statistik *Matlab*®.

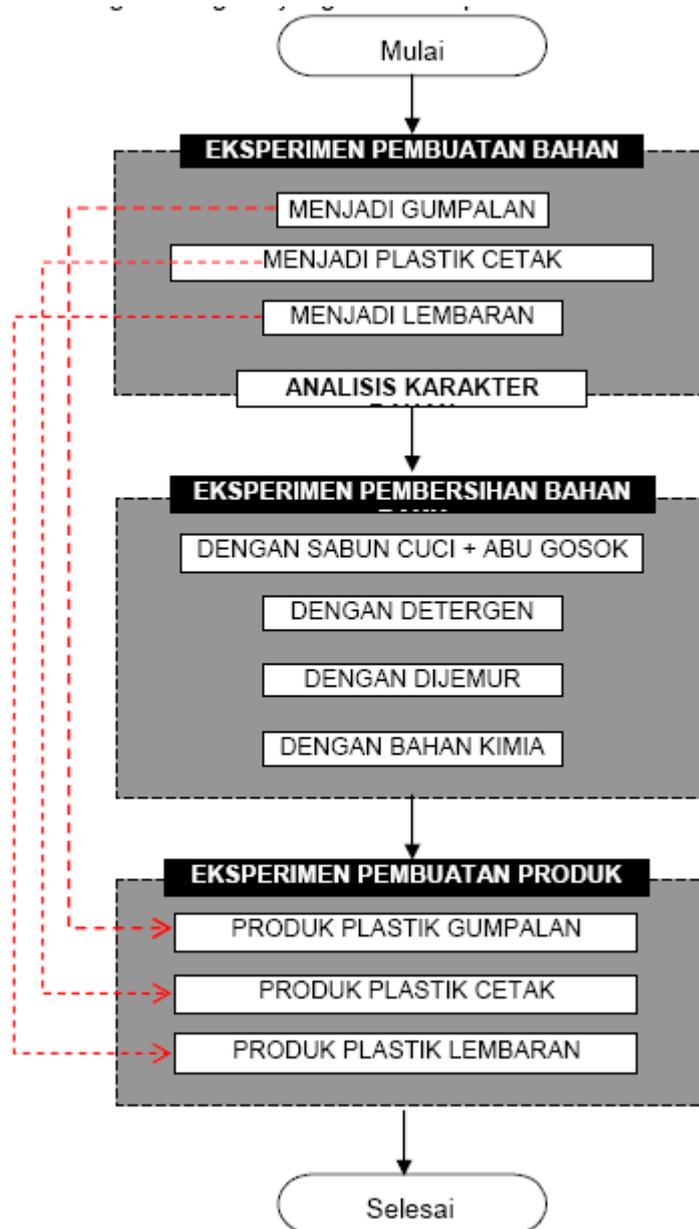
Tabel 2. Percobaan dengan factorial design  $2_v^{6-1}$

Run	Variabel					Respon r
	1	2	3	4	5	
1	-1	-1	-1	-1	-1	-1
2	1	-1	-1	-1	-1	1
3	-1	1	-1	-1	-1	1
4	1	1	-1	-1	-1	-1
5	-1	-1	1	-1	-1	1
6	1	-1	1	-1	-1	-1
7	-1	1	1	-1	-1	-1
8	1	1	1	-1	-1	1

9	-1	-1	-1	1	-1	-1
10	1	-1	-1	1	-1	1
11	-1	1	-1	1	-1	1
12	1	1	-1	1	-1	-1
13	-1	-1	1	1	-1	1
14	1	-1	1	1	-1	-1
15	-1	1	1	1	-1	-1
16	1	1	1	1	-1	1
17	-1	-1	-1	-1	1	-1
18	1	-1	-1	-1	1	1
19	-1	1	-1	-1	1	1
20	1	1	-1	-1	1	-1
21	-1	-1	1	-1	1	1
22	1	-1	1	-1	1	-1
23	-1	1	1	-1	1	-1
24	1	1	1	-1	1	1
25	-1	-1	-1	1	1	-1
26	1	-1	-1	1	1	1
27	-1	1	-1	1	1	1
28	1	1	-1	1	1	-1
29	-1	-1	1	1	1	1
30	1	-1	1	1	1	-1
31	-1	1	1	1	1	-1
32	1	1	1	1	1	1

#### 4.9 Aplikasi Bioplastik Untuk Kerajinan Asesoris

Metode aplikasi penelitian yang dilakukan peneliti adalah metode eksperimental. Metode eksperimen ini dibagi dalam 3 langkah (Gambar 7), yaitu persiapan bahan baku, pembersihan bahan baku dan proses pengolahan bahan baku menjadi produk kerajinan. Eksperimen persiapan bahan baku, mula-mula dilakukan dengan memblending produk bioplastik dengan limbah plastik konvensional yang telah digoreng menjadi gumpalan, dan ditambahkan serbuk kayu serta serbuk plastik bekas digergaji. Hasil dari eksperimen tersebut kemudian dianalisis karakter keunikan, kekuatannya dan rekomendasi desain.



Gambar 7. Pembuatan kerajinan asesoris dari bioplastik

Langkah selanjutnya adalah mencetak plastik. Percobaan yang dilakukan meliputi alat-alat apa saja yang bisa digunakan untuk mencetak, bagaimana perlakuan terhadap blending bioplastik dengan plastik goreng cetak, misalkan diseset, dibor, digergaji, dan sebagainya. Peneliti membandingkan karakter paling menarik yang muncul dari berbagai perlakuan tersebut. Berikutnya dilakukan analisis terhadap karakter keunikan, kekuatan dan rekomendasi desain produk yang bisa dihasilkan dari material ini. Berikutnya mencetak lembaran dari blending bioplastik dengan plastik goreng. Pada percobaan ini dilakukan beberapa cara menekan dan diamati efek yang ditimbulkan, mulai dari tekanan keras dan diputar-putar saat menekan, hingga tekanan sedang. Sebagaimana percobaan sebelumnya, pada

langkah ini jga dilakukan analisis karakter bahan. Eksperimen pembersihan bahan baku perlu dilakukan, mengingat setelah digoreng, bahan baku ini sangat kotor dan kandungan minyaknya sangat tinggi. Eksperimen pembersihan dilakukan dengan cara biasa yaitu dicuci dengan sabun cuci, abu gosok dan deterjen, dijemur hingga diberi bahan pelarut kimia. Eksperimen terakhir adalah pembuatan produk kerajinan dengan memanfaatkan material plastik gumpalan hasil blending, plastik cetak dan lembaran.

#### **4.10 Analisa Tekno-Ekonomi**

Analisis efisiensi produksi dan kelayakan usaha meliputi: *payback period* dan *benefit-cost ratio*.

## BAB V

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah gliserol yang merupakan limbah industri biodiesel dan bahan-bahan untuk keperluan eksperimen dan analisa berupa: metanol, kloroform, air demin, urea, dan glukosa . Bahan-bahan kimia ini dibeli dari toko bahan kimia Indrasari Semarang. Lumpur aktif yang dipakai dalam percobaan diambil dari instalasi pengolahan limbah PT Apac Inti Corpora. Bahan-bahan kimia dan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini tersaji pada Gambar 8.



Gambar 8. Bahan limbah sintesis dan alat percobaan

#### 5.1 Pembibitan dan Aklimatisasi

Pembibitan bertujuan untuk menyediakan bibit mikroorganisme yang akan dipakai dalam pengolahan limbah. Pada percobaan ini, lumpur yang digunakan berasal dari pengolahan limbah industri tekstil PT. Apac Inti di Ungaran. Setelah mikroorganisme berkembang dan mencapai konsentrasi tertentu, dilakukan aklimatisasi yang bertujuan untuk menjadikan mikroorganisme adaptif dengan lingkungan yang sesuai pada percobaan yang dilakukan, sehingga mikroorganisme dapat berkembang biak dengan baik. Proses pembibitan dan aklimatisasi tersaji pada Gambar 9.



Gambar 9. Aklimatisasi dan Pembibitan

## 5.2 Studi Produktivitas

Studi produktivitas dilakukan dengan kondisi operasi sebagai berikut: lumpur aktif sebanyak 1,5 liter dimasukkan ke dalam bioreaktor. Selanjutnya bioreaktor diisi dengan limbah industri biodisel hingga mencapai volum kerja 6 liter. Satu siklus SBB membutuhkan waktu 12 jam. Kondisi-kondisi yang diusahakan tetap adalah temperatur kamar, dan pH netral. Kondisi aerob dicapai dengan mengalirkan udara ke dalam bioreaktor.

Studi produktivitas dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan beberapa *solvent* atau pelarut pada proses ekstraksi PHA. *Polihidroksialkanoat* (PHA) merupakan *polyester hidroksialkanoat* yang terakumulasi sebagai cadangan karbon atau energi atau penurunan kekuatan penyimpanan material dalam sel-sel mikroba. PHA disintesis dan disimpan oleh berbagai bakteri pada kondisi kritis dan terakumulasi sebagai ganul-granul intraselular tanpa menimbulkan efek berbahaya bagi sel-sel induknya. PHA biasanya diproduksi sebagai polimer yang terdiri atas 103-104 monomer, yang terakumulasi dalam bentuk granul dengan diameter 0,2–0,5  $\mu\text{m}$ .

Proses pemisahan partikel berdiameter 0,05-100  $\mu\text{m}$  dari campurannya, seperti *inclusion bodies*, *cell debris*, dan kristal, semakin mendapatkan perhatian terutama dalam dunia industri, karena semakin banyak proses yang menghasilkan produk partikulat yang berada dalam bentuk campuran dengan partikel-partikel yang lain. Proses ekstraksi dan pemurnian *polihidroksialkanoat* dari bakteri merupakan kunci bagi profitabilitas proses dalam suatu sistem fermentasi.

Metode yang ideal seharusnya mengarah kepada proses yang menghasilkan produk dengan kemurnian dan tingkat rekovery yang tinggi sehingga berakibat pada rendahnya biaya produksi. Beberapa pengembangan telah dilakukan dalam proses ekstraksi *polihidroksialkanoat* dari campurannya. Langkah utama dari proses pemisahan adalah ekstraksi granul *polihidroksialkanoat*. Untuk mendapatkan perolehan *polihidroksialkanoat*

yang lebih baik, proses perlakuan awal perlu dilakukan guna meningkatkan proses distrubsi/perusakan sel.

Produktivitas *polihidroksialkanoat* dapat ditingkatkan dengan penambahan alkohol pada proses *pretreatment*. Penambahan alkohol akan memberikan dampak menurunnya kekuatan dinding sel dan membran sel, sehingga proses alir *polihidroksialkanoat* dari dalam sel dan proses alir karbon kedalam sel akan meningkat. Alkohol juga dapat menghambat proses sistesa protein sehingga mengakibatkan  $\text{NH}_4$  akan berada dalam kondisi ekses. Hal tersebut juga akan mengakibatkan semakin lemahnya membran sel.

Guna mengekstrak PHA dari biomass, sel kering harus dirusak atau dipecah. Untuk menghindari penggunaan surfaktan yang bersifat keras, basa kuat atau *sodium hypochlorite* yang dapat menyebabkan terjadinya dekomposisi polimer, dapat digunakan aseton atau alkohol dengan sifat sel *lytic* yang baik.

Dalam studi produktivitas, pelarut yang dicoba adalah air, metanol dan etanol. Variasi tahap aerop-mixing yang dicoba adalah seperti variasi yang ditunjukkan pada run 1, dimana pada jam pertama hingga jam ke-empat dilakukan proses pengisian; proses aerob dilakukan pada jam ke-4 hingga jam ke-6; dan proses mixing dilakukan pada jam ke-1 hingga jam ke-3. Biomass kering yang diperoleh diakhir siklus SBB direndam dalam 15 ml berbagai pelarut pada suhu ruang selama 1 jam. Sesudahnya campuran *disentrifuse* pada kecepatan 3000 rpm selama 15 menit. Endapan selanjutnya di ekstrak menggunakan kloroform. Proses ekstraksi dilakukan dengan merendam endapan dalam 50 ml kloroform selama 24 jam pada suhu  $55^{\circ}\text{C}$ . Campuran disaring dan filtratnya diambil. Sebagian kloroform diuapkan hingga volumenya berkurang 50%. Selanjutnya filtrat diinjeksikan pada air mendidih. Endapan PHA setelah didinginkan, dapat diambil, dikeringkan dan ditimbang.

Tabel 3. Rekoveri PHA pada berbagai pelarut

<i>Solvent</i>	PHA (g/L)
Air	0,41
Etanol	0,65
Metanol	0,73

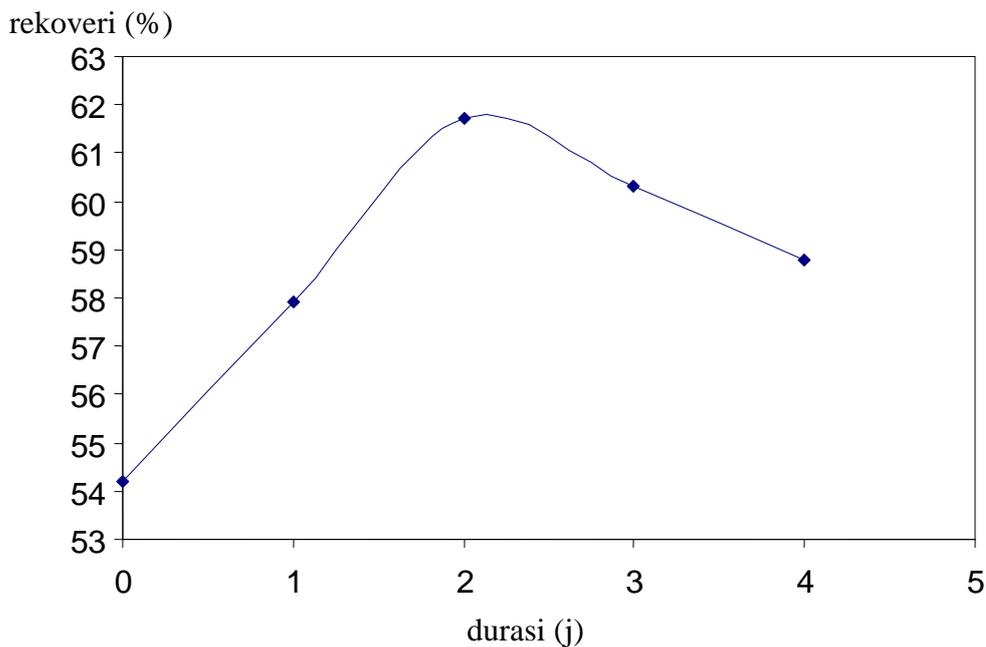
Tabel 3. menunjukkan data perolehan PHA pada berbagai pelarut. Hasil penelian menunjukkan bahwa pelarut yang baik untuk proses perlakuan ekstraksi PHA adalah metanol, yaitu sebesar 0,73 g/L. Penggunaan alkohol dengan rantai yang lebih panjang menurunkan

perolehan PHA. Hal tersebut mengindikasikan bahwa alkohol berantai panjang lebih sulit untuk menyusupi sel-sel biomass kering yang mengandung PHA.

Tabel 4. Rekoveri PHA pada berbagai variasi tahap aerob-*mixing*

Pelarut	PHA (g/L)					
	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6
Air	0,41	0,44	0,32	0,54	0,50	0,49
Metanol	0,73	0,82	0,71	0,88	0,89	0,93

Selanjutnya dilakukan studi produktivitas pada berbagai variasi tahapan *mixing*-aerob (run 2-6) dengan membandingkan pengaruh penambahan air dan metanol. Hasil penelitian (Tabel 4) menunjukkan bahwa perolehan PHA terbanyak pada proses yang dilakukan dengan variasi (run 6) dimana pada jam pertama dilakukan proses pengisian dari jam pertama hingga jam ke-8; proses aerob dilakukan pada jam ke-7 hingga jam ke-9; dan proses *mixing* dilakukan pada jam ke-1 hingga jam ke-6.



Gambar 10. Pengaruh durasi perendaman terhadap perolehan PHA

Durasi perendaman juga menjadi faktor yang mempengaruhi perolehan *polihidroksialkanoat*. Oleh karena itu percobaan selanjutnya dilakukan dengan durasi perendaman yang divariasikan dari 1-4 jam. Durasi perendaman mempengaruhi perolehan PHA. Gambar 10 menunjukkan semakin lama perendaman, perolehan PHA semakin meningkat. Namun demikian, setelah 2 jam PHA yang dihasilkan mulai menurun. Hal ini disebabkan

terjadinya degradasi PHA sehingga perolehan PHA relatif sedikit. Hasil relatif baik diperoleh pada perendaman 2 jam dengan rekoverti PHA sebesar 61,5%.

### 5.3 Optimasi Proses

Proses optimasi diawali dengan melakukan percobaan dengan rancangan faktorial desain guna menentukan variabel yang paling berpengaruh. Desain percobaan berdasarkan faktorial desain dibuat dengan menentukan batas atas dan batas bawah (*high and low level*) dari masing-masing variabel. Variabel yang dipelajari dalam penentuan variabel yang paling berpengaruh adalah rasio C:N (A), konsentrasi fosfor (B), konsentrasi oksigen (C), rasio aerob-anaerob (D) dan konsentrasi nitrogen (E). Data level atas dan bawah dari masing-masing variabel tersaji pada Tabel 5.

Tabel 5. Data level atas dan bawah

Variabel	Level bawah	Level atas
Rasio C:N	10:1	20:1
Konsentrasi fosfor	2 mg/L	10 mg/L
Konsentrasi oksigen	2 mg/L	5 mg/L
Rasio aerob:anaerob	1:1	1:4
Konsentrasi nitrogen	2 mg/L	10 mg/L

Dari masing-masing tempuhan percobaan, sampel diambil dan dianalisa kandungan PHA-nya. Respon dari masing-masing percobaan digunakan untuk menghitung efek utama dan efek interaksinya. Respon dari data percobaan ini adalah berat PHA yang diperoleh. Data percobaan dengan rancangan faktorial desain disajikan pada Tabel 6. Data efek utama dan efek interaksi hasil percobaan disajikan pada Tabel 7. Nilai dari harga efek mengindikasikan bahwa variabel yang paling berpengaruh adalah konsentrasi nitrogen (E).

Tabel 6. Data percobaan faktorial desain

Run	Variabel					Respon r
	A	B	C	D	E	
1	-1	-1	-1	-1	-1	0,4
2	1	-1	-1	-1	-1	0,8
3	-1	1	-1	-1	-1	1,1
4	1	1	-1	-1	-1	0,6
5	-1	-1	1	-1	-1	0,6
6	1	-1	1	-1	-1	1,0

7	-1	1	1	-1	-1	0.8
8	1	1	1	-1	-1	0.6
9	-1	-1	-1	1	-1	1.3
10	1	-1	-1	1	-1	0,35
11	-1	1	-1	1	-1	0.44
12	1	1	-1	1	-1	0.32
13	-1	-1	1	1	-1	0,17
14	1	-1	1	1	-1	0.35
15	-1	1	1	1	-1	0.44
16	1	1	1	1	-1	1.2
17	-1	-1	-1	-1	1	0.57
18	1	-1	-1	-1	1	0.44
19	-1	1	-1	-1	1	1,2
20	1	1	-1	-1	1	0,57
21	-1	-1	1	-1	1	0.44
22	1	-1	1	-1	1	0.56
23	-1	1	1	-1	1	0.68
24	1	1	1	-1	1	0.53
25	-1	-1	-1	1	1	0.44
26	1	-1	-1	1	1	0.33
27	-1	1	-1	1	1	0.76
28	1	1	-1	1	1	1.1
29	-1	-1	1	1	1	0.55
30	1	-1	1	1	1	0.45
31	-1	1	1	1	1	1.0
32	1	1	1	1	1	0.74

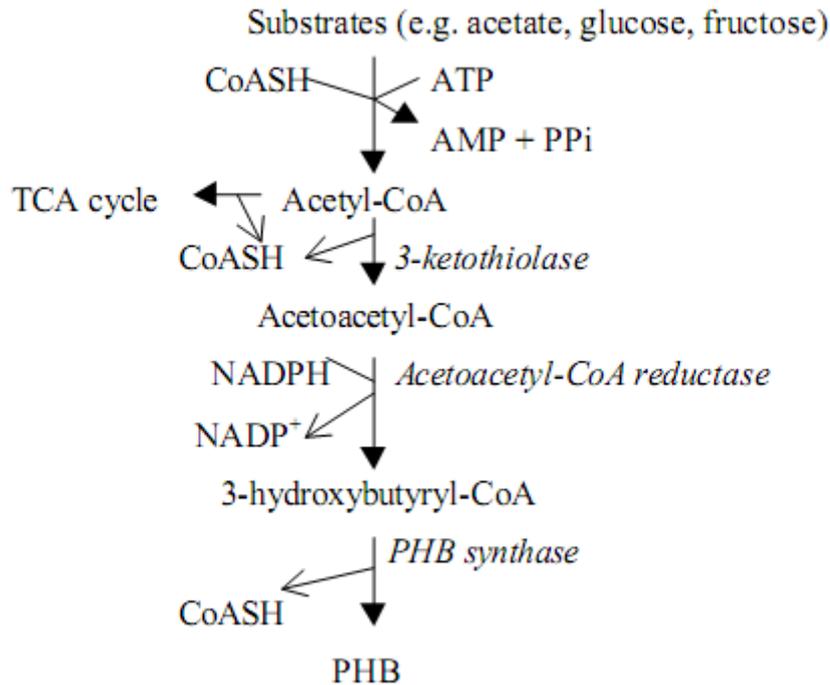
Biasanya, glikogen dan meterial yang mirip dengan glikogen (*glycogen-like materials*) terakumulasi didalam sel ketika nitrogen berada dalam kondisi terbatas serta ketika karbon berada dalam keadaan berlebih didalam medium (Punrattanasin, 2001). Punrattanasin (2001), menyatakan bahwa selain pada kondisi sedikit nitrogen, glikogen juga dapat terakumulasi pada kondisi dengan kadar fospor dan sulfur yang terbatas pula atau pada kondisi dengan pH yang tidak disukai. Namun demikian kondisi dengan kadar nitrogen yanga terbatas dilaporkan merupakan kondisi yang menstimulasi akumulasi glikogen di berbagai organisme.

Tabel 7. Harga efek utama dan efek interaksi

Efek	Harga Efek	Efek	Harga Efek
A	-0,1	ABD	0,179375
B	0,030625	ABE	0,003125
C	-0,0275	ACD	0,104375
D	-0,06	ACE	-0,138125

E	-0,656875	ADE	0,011875
AB	-0,005625	BCD	0,166875
AC	0,144375	BCE	-0,084375
AD	-0,014375	BDE	0,001875
AE	0,001875	CDE	0,019375
BC	0,081875	ABCD	-0,034375
BD	0,049	ABDE	-0,181875
BE	-0,033125	ABCE	-0,003125
CD	-0,021875	ACDE	-0,106875
CE	0,009375	BCDE	-0,169375
DE	0,083125	ABCDE	0,031875
ABC	0,000625		

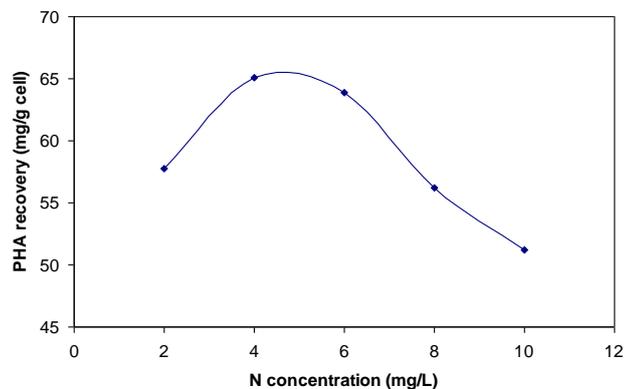
Punrattanasin (2001) menyatakan bahwa akumulasi PHA dapat distimulasi pada kondisi pertumbuhan yang tidak seimbang, misalnya ketika nutrisi seperti nitrogen, fosfor atau sulfat terbatas, ketika konsentrasi oksigen rendah, atau ketika rasio C:N dari umpan tinggi. Kondisi dengan kadar nutrisi yang terbatas akan mengakibatkan akumulasi PHA pada berbagai mikroorganisme. Sebagai tambahan, selain kondisi terbatasnya kadar nitrogen, fosfor, oksigen, dan sulfat, terbatasnya beberapa senyawa seperti besi, magnesium, mangan, potasium dan natrium juga menstimulasi akumulasi PHA. Ketika kondisi pertumbuhan berada pada keadaan tidak seimbang, acetyl-CoA tidak dapat masuk ke dalam siklus TCA (*tricarboxylic acid*) guna mendapatkan energi untuk sel-sel akibat dari tingginya konsentrasi *cycle* NADH. Tingginya konsentrasi NADH dihasilkan dari proses sintesis protein, yaitu proses yang berjalan beriringan dengan proses generasi ATP yang dilakukan oleh rantai transport elektron dalam keadaan keterbatasan nutrisi. Tingginya konsentrasi NADH akan mengganggu proses sintesis enzim sitrat, yang merupakan salah satu enzim yang berperan penting dalam siklus TCA. Hal tersebut akan mengakibatkan meningkatnya kadar acetyl-CoA. Selanjutnya acetyl-CoA akan digunakan sebagai substrat untuk biosintesis PHA melalui tiga reaksi enzimatik berantai. Sebagai tambahan, tingginya konsentrasi intraseluler CoA akan menghambat enzim 3- ketothiolase, salah satu dari tiga enzim yang berperan dalam sintesis PHA. Ketika masuknya acetyl-CoA ke dalam siklus TCA tidak dibatasi, maka CoA bebas akan dikeluarkan sebagai gugus acetyl dari aktivitas citrate synthase, seperti halnya ketika acetyl-CoA digunakan maka konsentrasi CoA intraseluler meningkat dan sintesis PHA terhambat. PHA dapat digunakan sebagai cadangan karbon atau sumber energi dari mikroorganisme pada periode dimana kadar karbon minimal.



Gambar 11. Lintasan metabolisme pembentukan PHB

Selanjutnya percobaan dilakukan untuk mengoptimasi konsentrasi nitrogen. Percobaan dilakukan dengan memvariasi konsentrasi nitrogen dari 2 mg/L hingga 10 mg/L, sementara konsentrasi fosfor ditetapkan 2 mg/L, konsentrasi oksigen 5 mg/L, rasio aerob-anaerob adalah 1:4, dan rasio C:N 20:1.

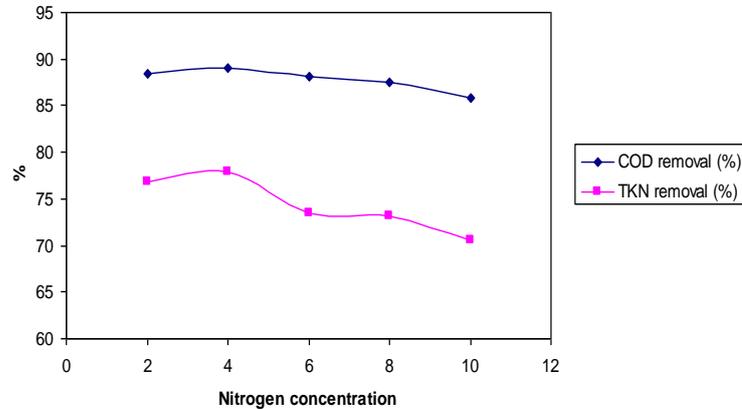
Hasil percobaan memperlihatkan bahwa rekovery PHA tertinggi diperoleh pada penggunaan nitrogen dengan konsentrasi sebesar 4 mg/L (Gambar 12). Sementara pengaruh konsentrasi nitrogen terhadap MLSS, Penyisihan COD dan TKN tersaji pada Gambar 13 dan Gambar 14.



Gambar 12. Rekovery PHA pada berbagai konsentrasi N

Gambar 13 menunjukkan bahwa penyisihan COD dan TKN tidak banyak dipengaruhi oleh variasi konsentrasi nitrogen. Pengamatan terhadap penyisihan TKN dimaksudkan untuk

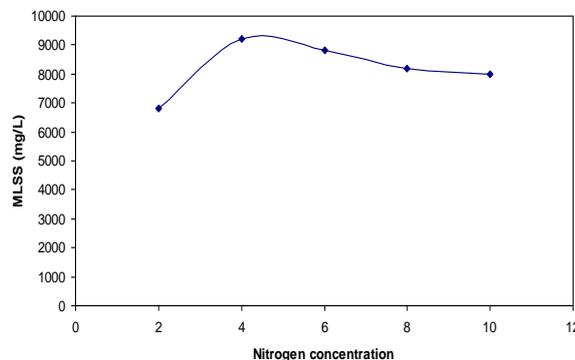
mengevaluasi jumlah nitrogen yang dikonsumsi oleh mikroorganisme. Nitrogen dalam bentuk ammonium merupakan material yang membentuk asam amino dan asam nukleat yang berperan dalam pertumbuhan sel-sel baru.



Gambar 13. Pengaruh konsentrasi nitrogen terhadap penyisihan COD dan TKN

Analisa MLSS (Gambar 14) menunjukkan bahwa MLSS sistem meningkat seiring dengan penambahan nitrogen. Peningkatan MLSS mengindikasikan pertumbuhan mikroorganisme pada *sequencing batch bioreactor*.

Pengaruh nitrogen terhadap produksi PHA juga dilaporkan oleh beberapa peneliti. Annuar dkk (2008) meneliti pengaruh beberapa sumber nitrogen terhadap pertumbuhan sel, *yield* PHA, komposisi monomer dan berat molekul ketika bakteri penghasil PHA ditumbuhkan pada minyak sawit yang disaponifikasi (*saponified palm kernel oil/SPKO*) sebagai sumber karbonnya. Peneliti tersebut menyatakan bahwa bacto-peptone memberikan *yield* residu biomass seperti PHA dan PHA<sub>MCL</sub> yang secara signifikan lebih tinggi dibandingkan pada penggunaan garam amonium, urea, dan ekstrak yeast. Dilaporkan juga bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan pada komposisi monomer yang dihasilkan pada penggunaan sumber nitrogen yang berbeda-beda.



Gambar 14. Pengaruh konsentrasi nitrogen terhadap MLSS

Pengaruh berbagai jenis sumber nitrogen serta pengaruh konsentrasi nitrogen terhadap pertumbuhan seluler dan produksi PHB dari *R. sphaeroides* N20 yang ditumbuhkan dalam

medium GA diteliti oleh Shangkarak dkk (2008). Hasil penelitian mereka mengindikasikan bahwa pada konsentrasi nitrogen yang tinggi dari semua sumber nitrogen yang dipelajari (0,08; 0,1; dan 0,2 g/l), baik pertumbuhan sel (5,74-7,84 g/l) dan konsentrasi PHA (0,95-2,07 g/l) meningkat secara signifikan tetapi menyebabkan kandungan PHB menurun. Berbeda halnya ketika konsentrasi nitrogen rendah (0,01; 0,02; dan 0,04 g/l), kandungan PHB mencapai 24-73% dari berat kering sel. Sumber nitrogen dan konsentrasi nitrogen yang optimal adalah 0,02 g/l  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , yang memberikan konsentrasi PHB yang tinggi ( $5,98 \pm 0,11$  g/l) dan kadar PHB (73,2% berat kering sel) demikian juga biomass ( $8,19 \pm 0,23$  g/l). Dinyatakan pula bahwa akumulasi PHB dalam fotosintesis bakteri umumnya diasosiasikan dengan ketersediaan nitrogen dalam medium pertumbuhan yang seringkali dinyatakan dalam rasio optimum C/N (Khatipov dkk. 1998).  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  merupakan sumber nitrogen yang optimal bagi pertumbuhan PHA dibandingkan dengan  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan urea seperti halnya pada mikroorganisme yang lain seperti pada well *Alcaligenes eutrophus*, *Methylobacterium* sp. dan *Sinorhizobium fredii*. Seperempatpuluh kali jumlah  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  (dari 0,8 hingga 0,02 g/l) dalam medium akan mengurangi biaya medium, sehingga akan meningkatkan potensi produksi skala besar dari PHB. Pembatasan nutrisi diperlukan guna mendorong pertumbuhan PHB, dan biasanya amonia digunakan sebagai faktor kontrol kritis pada pertumbuhan sel dan produksi PHB.

#### **5.4 Perbandingan Hasil Penelitian dengan Penelitian Sebelumnya**

Pada penelitian ini produksi PHA dilakukan dengan menggunakan substrat gliserol dari limbah industri biodisel. Proses dilakukan dalam SBB dengan siklus pendek dan variasi perendaman pelarut antara 1-4 jam. Hasil relatif baik diperoleh pada perendaman 2 jam dengan perolehan PHA sebesar 0,44 g/g sel.

Satoh dkk (1998) melakukan penelitian produksi PHA dengan menggunakan lumpur aktif dan limbah sintetik. Pada penelitian ini pH dikontrol pada rentang 7-8 dengan penambahan NaOH. Kandungan PHA maksimum sebesar 0,62 g/g sel dicapai dengan menggunakan proses mikroaerofilik-aerobik.

Chua dan Yu (1999) juga melakukan penelitian produksi PHA dengan lumpur aktif yang diperoleh dari pengolahan limbah perkotaan. Penelitian dilakukan dalam SBR dengan menggunakan limbah sintesis berupa asam karboksilat dan keton dengan COD rata-rata 2500 mg/L. Pada penelitian ini diperoleh kandungan PHA tertinggi sebesar 0,11 g/g sel dan penurunan jumlah lumpur hingga 39%.

Penelitian Purnama (2001) dilakukan dengan menggunakan lumpur aktif dan limbah sintetik tapioka. Pada penelitian ini kandungan PHA rata-rata tertinggi sebesar 0,15 g/g sel diperoleh pada tempuhan dengan 3 jam waktu aerob dan 6 jam waktu anaerob. Titik leleh PHA yang diperoleh berada pada rentang 124-160°C dan kandungan HV berkisar antara 3-25%.

Sonjaja dkk (2001) juga menggunakan lumpur aktif dan air limbah sintetik tapioka untuk memproduksi PHA. Pengamatan selama siklus dalam SBR pada penelitian ini menunjukkan nilai pH 4-5. Kandungan PHA rata-rata tertinggi sebesar 0,5 g/g sel diperoleh pada tempuhan dengan periode aerob-anaerob 4-5 jam dan penggunaan siklus pendek. PHA yang diperoleh mempunyai titik leleh pada rentang 126-140°C dengan kandungan HV 13,09-22,48%.

Harimawan dan Wibawa (2002) kembali melakukan penelitian produksi PHA dengan lumpur aktif dan air limbah sintetik tapioka. Pada penelitian ini pH dijaga pada kondisi netral dengan penambahan NaOH. Hasil yang diperoleh menunjukkan kandungan PHA rata-rata tertinggi sebesar 0,403 g/g sel dengan titik leleh berada pada rentang 148-163°C dan kandungan HV berkisar 1,7-3,6%.

Damajanti (2003) mempelajari pengaruh waktu pengumpanan dan siklus pendek terhadap pembentukan PHA dengan lumpur aktif dan substrat air limbah sintetik tapioka. Pada penelitian ini periode aerob-anaerob dilakukan dengan perbandingan 5:4 jam dan pH dijaga netral pada setiap awal siklus. Hasil pengamatan menunjukkan penurunan pH selama siklus hingga nilai 3,62. Kandungan PHA rata-rata tertinggi diperoleh pada tempuhan dengan waktu pengumpanan pendek (2 jam), yaitu sebesar 0,247 g/g sel untuk tempuhan dengan siklus biasa dan 0,226 g/g sel untuk tempuhan dengan siklus pendek. Pengamatan terhadap titik leleh menunjukkan bahwa titik leleh rata-rata pada tempuhan dengan siklus pendek lebih rendah daripada siklus biasa. Titik leleh PHA pada tempuhan dengan siklus pendek berada pada rentang 108-156°C dengan kandungan HV antara 2,30-37,05%.

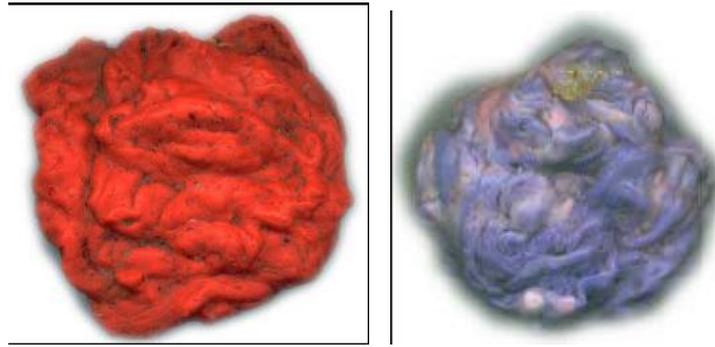
Pada variasi kondisi siklus yang sama kandungan PHA yang diperoleh dari penelitian ini lebih rendah daripada penelitian sebelumnya yang menggunakan limbah sintetik tapioka. Dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan kandungan PHA tertinggi dicapai pada penelitian Satoh dkk. (199<sup>o</sup>) yang menggunakan kondisi mikroaerofilik-aerobik. Penggunaan kondisi ini mampu mendorong pertumbuhan mikroorganisme pengakumulasi PHA. Pengamatan titik leleh PHA dalam penelitian ini menunjukkan titik leleh yang lebih rendah daripada hasil penelitian Harimawan dan Wibawa (2002), yang berarti kandungan HV yang diperoleh lebih tinggi. Hasil pengamatan titik leleh dan kandungan HV pada penelitian ini menunjukkan

angka yang mendekati hasil penelitian Purnama (2001), Sondjaja dkk (2001), dan Damajanti (2003).

Pengamatan selama operasi dalam SBR pada penelitian Sondjaja (2001) dan Damajanti (2003) menunjukkan penurunan pH hingga mencapai 4-5 meskipun pH awal siklus selalu diatur pada kondisi netral. Pada penelitian Harimawan dan Wibawa (2002) pH dijaga netral dengan penambahan NaOH, sementara pada penelitian Purnama (2001) diperoleh penurunan pH hingga 1-1,5 tingkat. Dalam penelitian ini juga terjadi penurunan pH selama siklus, tetapi penurunannya tidak tajam sehingga masih berada pada kisaran netral. Diduga dalam air limbah industri tapioka terdapat sistem buffer yang mampu mengontrol perubahan pH selama siklus sementara pada limbah sintetik sistem ini tidak ada karena terbuang bersama air limbah saat proses pembuatan tepung tapioka. Kondisi ini dapat mencegah timbulnya fungsi yang tumbuh dengan baik pada  $\text{pH} < 6,5$ . Beberapa jenis fungsi terutama dari kelompok Deuteromycota mempunyai kemampuan mendegradasi PHA (Kim dan Rhee, 2003).

### **5.5 Aplikasi Bioplastik Untuk Kerajinan Asesoris**

Metode aplikasi bioplastik meliputi tiga tahapan proses, yaitu: persiapan bahan baku, pembersihan bahan baku, dan proses pengolahan bahan baku menjadi produk kerajinan. Eksperimen persiapan bahan baku, mula-mula dilakukan dengan memblending produk bioplastik dengan limbah plastik konvensional yang telah digoreng menjadi gumpalan, dan ditambahkan serbuk kayu serta serbuk plastik bekas digergaji. Hasil eksperimen yang tersaji pada Gambar 15 menunjukkan bahwa bentuk plastik cetak yang dihasilkan relatif keras jika sudah dingin, tapi masih cukup empuk jika diiris menggunakan cutter (dengan catatan ketebalan tidak lebih dari 3 mm). Cetakan tidak dapat menggunakan bahan plastik, meskipun dengan ketebalan tertentu, karena plastik cetakan akan turut meleleh bersama plastik goreng. Sedangkan permukaan cetakan harus halus dan rata untuk memudahkan mengeluarkan hasil cetakan dari cetakannya. Karakteristik motif hasil plastik cetak ternyata lebih jelas terlihat saat dibelah/diiris. Akan tetapi saat proses mengirisnya harus menggunakan gergaji kayu (jika ketebalan lebih dari 3 mm), berhubung karakter benda cukup padat dan keras.



Gambar 15. Hasil Plastik Goreng berbentuk Gumpalan Tak Beraturan

Analisis karakter bahan bioplastik goreng cetak meliputi kekuatan dan keunikan. Karakteristik kekuatan menunjukkan bahwa bahan gumpalan relatif kuat, tidak mudah rusak, dan tidak mudah berubah bentuk. Sedangkan analisis keunikan berupa motif yang dihasilkan oleh bagian dalam bioplastik goreng cetak terlihat lebih unik, tetapi jika tidak dibelah maka permukaan luar meninggalkan tekstur garis tak beraturan yang tegas dan jelas.

## 5.6 Analisa Tekno-Ekonomi

Analisa tekno ekonomi yang dilakukan meliputi: aspek pasar, aspek pemasaran, aspek produksi, dan aspek ekonomi.

### 5.6.1 Aspek Pasar

#### a. Permintaan dan Penawaran

Dalam dunia busana, asesoris adalah benda-benda yang dikenakan seseorang untuk mendukung atau menjadi pengganti pakaian. Bentuk asesoris bermacam-macam dan banyak di antaranya terkait dengan peran gender pemakainya. Asesoris dalam bahasa Indonesia dan hampir selalu *fashion accessory* penggunaan dalam bahasa Inggris.

Jenis asesoris bermacam-macam, seperti perhiasan (anting-anting, kalung, gelang, bros), selendang, sabuk, suspender, dasi, syal, sarung tangan, sapu tangan, tas, topi, arloji, kacamata, dan pin.

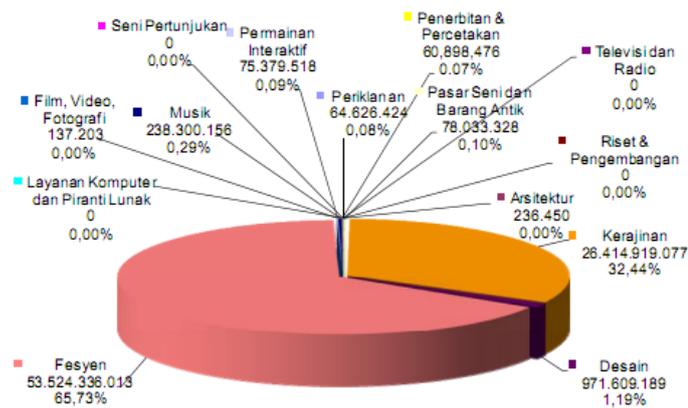
Asesoris diciptakan untuk melengkapi dan memperindah penampilan sehingga tampak lebih menarik dan membuat percaya diri. Industri aksesoris sebagai pelengkap fashion terutama bagi wanita adalah lahan bisnis yang subur dan tidak pernah mati, seiring dengan perkembangan ide-ide dan kreativitas yang terus bermunculan.

Usaha yang bergerak dibidang produksi aksesoris memiliki peluang yang besar mengingat jumlah permintaan pasar terhadap aksesoris cukup banyak, terutama dari kalangan perempuan. Perhitungan pasar domestik dalam negeri saja terdapat kurang lebih 122,9 juta jiwa wanita dari total penduduk indonesia yang berjumlah 245 juta jiwa. Jika kemampuan

mengakses aksesoris hanya 10% dari total penduduk wanita, maka terdapat 12,3 juta jiwa potensi pasar.

Tiap wanita pada umumnya memiliki aksesoris lebih dari satu. Jika diasumsikan dalam satu tahun tiap wanita memiliki 5 macam asesoris maka potensi penjualan produk adalah sebesar 61,5 juta unit pertahun. Produsen yang berkecimpung dalam bisnis asesoris saat ini cukup banyak, terdapat 204 perusahaan aksesoris wanita yang terdaftar. Jika setiap produsen memproduksi 100.000 unit aksesoris pertahun maka terdapat 20.040.000 kebutuhan aksesoris yang telah terpenuhi. Dan terdapat 41,46 juta unit yang belum terpenuhi. Sisa kebutuhan yang belum terpenuhi ini menjadi potensi pasar bagi usaha produksi aksesoris.

Kerajinan dan fesyen serta aksesoris termasuk didalam subsektor industri yang berbasis kreativitas (industri kreatif). Produksi aksesoris dari tahun ketahun semakin meningkat. Hal tersebut dapat dilihat dari kontribusi ekspor subsektor industri kreatif indonesia yang semakin meningkat. Sebagai gambaran, pada tahun 2006, kontribusi ekspor subsektor kerajinan dan fesyen mencapai 32,44% dan 65,73% (Departemen Perdagangan RI, 2008).



Gambar 16. Kontribusi ekspor subsektor industri kreatif tahun 2006

**b. Persaingan dan Peluang**

Asesoris yang dibuat dari campuran plastik *biodegradabel* dan plastik bekas melalui proses penggorengan plastik sangat berpotensi untuk dikembangkan mengingat tingginya potensi pasar akan produk asesoris. Dilihat dari bahan bakunya yang berupa plastik bekas, maka produksi asesoris ini akan memberikan nilai tambah bagi limbah plastik. Ditinjau dari bahan baku yang berupa plastik *biodegradabel* maka produksi asesoris ini akan berpotensi dipasarkan terutama bagi komunitas pecinta lingkungan dengan strategi pemasaran dengan mengedepankan aspek lingkungan dimana penggunaan plastik *biodegradabel* akan membantu dalam mengurangi dampak lingkungan akibat penggunaan plastik konvensional.

## 5.6.2 Aspek pemasaran

### a. Harga

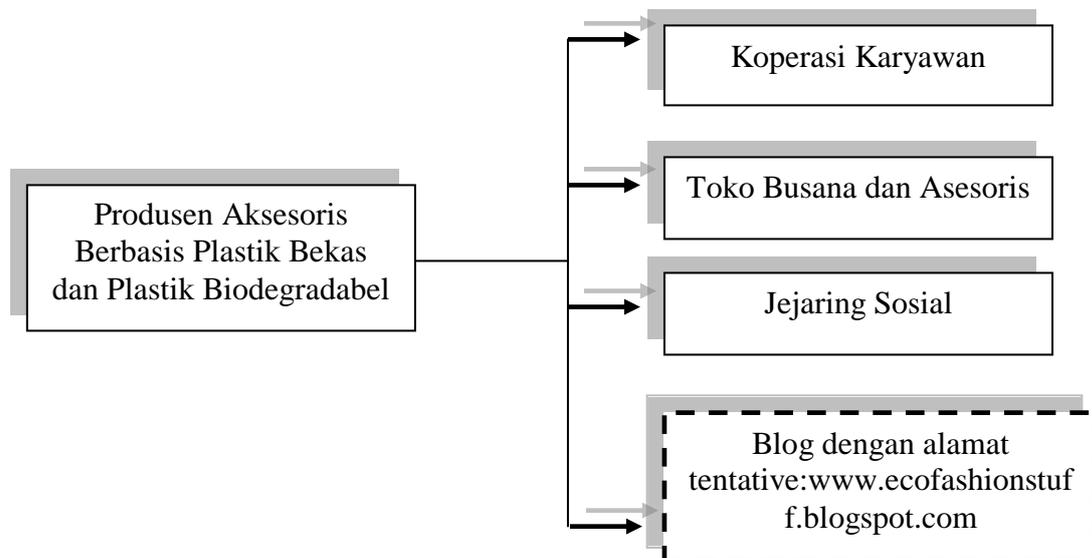
Harga yang ditawarkan dari produk aksesoris berbahan baku campuran plastik bekas dan plastik biodegradabel ini sangat kompetitif, yakni berkisar antara 60-70 ribu. Harga produk sejenis dipasaran ditawarkan pada rentang harga yang beragam. Aksesoris serupa yang diproduksi dari manik-manik plastik ditawarkan dari harga 80.000-150.000.

Konsep murah atau tidaknya suatu produk yang berbasis kreativitas merupakan hal yang fleksibel mengingat kreativitas dan estetik tidak dapat diukur langsung dengan suatu nilai nominal tertentu.

### b. Jalur Pemasaran

Jalur pemasaran (Gambar 17) yang dapat diambil dalam proses distribusi produk aksesoris ini dapat diambil dari berbagai jalan, diantaranya adalah melalui: penjualan langsung melalui koperasi karyawan di lingkup Universitas, penjualan langsung melalui strategi konsinyasi dengan dititipkan pada beberapa toko yang menjual aksesoris wanita serta penjualan melalui jejaring sosial seperti *facebook*.

Kedepan jalur pemasaran yang dipandang strategis adalah penjualan online dengan membuat suatu blog yang berkecimpung dalam promosi produk dengan mengedepankan jargon aksesoris ramah lingkungan. Hal tersebut didasarkan pada fakta bahwa aksesoris yang ditawarkan merupakan bagian dari upaya mengatasi kerusakan lingkungan akibat penggunaan plastik konvensional. Target utama dari pemasaran melalui jalur ini adalah komunitas pencinta lingkungan. Seiring dengan semakin meningkatnya kesadaran manusia akan pentingnya menjaga alam, maka diharapkan produk ini akan diterima oleh pasar.



Gambar 17. Skema jalur pemasaran produk asesoris dari plastik bekas dan bioplastik

### **c. Kendala Pemasaran**

Hal yang menjadi kendala dalam pemasaran produk aksesoris dari campuran plastik bekas dan plastik biodegradabel adalah tingginya biaya produksi plastik biodegradabel serta kurangnya variasi design aksesoris yang dihasilkan.

## **5.6.3 Aspek Produksi**

### **a. Peralatan**

Peralatan yang digunakan dalam proses produksi aksesoris berbahan baku limbah plastik dan plastik biodegradabel adalah perangkat produksi plastik biodegradabel dari limbah industri biodiesel yang berupa seperangkat bioreaktor.

### **b. Bahan Baku**

Bahan baku yang digunakan dalam produksi aksesoris ini adalah limbah plastik bekas dengan ragam jenis plastik yang bervariasi, diantaranya sedotan, bungkus makanan dan minuman kemasan, serta kantong plastik. Selain plastik bekas, digunakan pula plastik biodegradabel polihidroksialkanoat yang diproduksi dari limbah cair industri biodiesel dengan menggunakan sequencing batch bioreaktor.

### **c. Tenaga Kerja**

Tenaga kerja yang dibutuhkan dalam proses produksi aksesoris dari limbah plastik dan plastik biodegradabel minimal 4 orang. Penggunaan tenaga kerja juga akan tergantung pada kapasitas produksi. Distribusi pekerjaan pada proses pembuatan aksesoris ini adalah seorang pekerja bertugas mempersiapkan bahan baku dan bertanggungjawab atas proses aklimatisasi lumpur aktif, seorang pekerja bertugas membuat untuk membuat plastik biodegradabel serta pemurnian plastik biodegradabel, seorang pekerja bertugas membuat bulir-bulir plastik goreng yang dibuat dari campuran plastik bekas dan plastik biodegradabel serta seorang pekerja bertugas merangkai aksesoris.

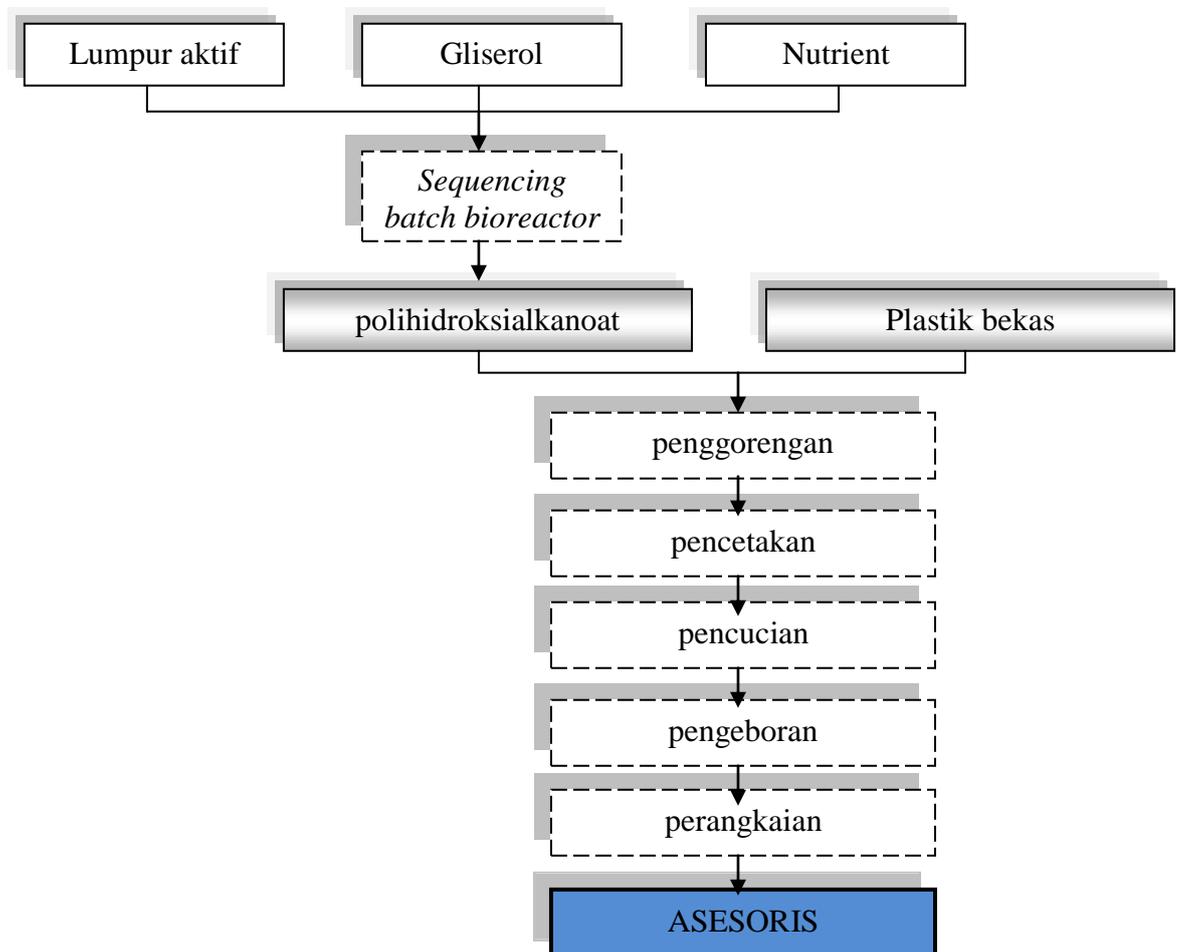
Industri kreatif merupakan industri yang diharapkan dapat menyerap tenaga kerja dalam jumlah yang besar. Rata-rata jumlah tenaga kerja yang diserap oleh industri kreatif pada periode 2002-2006 relatif besar, yaitu mencapai 5,4 juta pekerja atau sebesar 5,79% dari total seluruh tenaga kerja Indonesia. Sedangkan pada tahun 2006, industri kreatif menyerap sebanyak 4,9 juta pekerja. Subsektor industri kreatif yang berkontribusi terhadap penyerapan tenaga kerja di atas rata-rata adalah subsektor fesyen dan kerajinan (Departemen Perdagangan RI, 2008).

#### d. Teknologi

Teknologi yang digunakan dalam proses pembuatan aksesoris dari plastik bekas dan plastik biodegrabel merupakan teknologi rekayasa dengan memanfaatkan sequencing batch bioreactor pada proses pembuatan plastik biodegradabel polihidroksialkanoat.

#### e. Proses Produksi

Secara ringkas, proses produksi aksesoris dari campuran limbah plastik dan plastik biodegradabel polihidroksialkanoat disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Skema Produksi Asesoris

#### 5.6.4 Aspek Ekonomi

Dalam produksi asesoris dari limbah plastik bekas dan plastik biodegradabel ini, dilakukan perhitungan biaya pokok produksi dengan memperhitungkan biaya tetap dan biaya tidak tetap. Adapun biaya tetap dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$BT = D + I \quad 1$$

$$D = (P - S)/N \quad 2$$

$$I = \frac{r(P+S)}{2} \quad 3$$

dengan:

BT=Biaya tetap (Rp/tahun)

D= biaya penyusutan alat

I = Tingkat pengembalian bunga modal (Rp/tahun)

P = Harga alat (Rp)

S = Harga akhir alat, 10 % P (Rp)

r = Suku bunga modal di bank ( misalkan r = 6,5%/tahun )

N = umur ekonomis alat (th)

Sedangkan biaya tidak tetap dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$BTT = PP + B_0 \quad 4$$

dengan:

BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)

PP = Biaya perbaikan dan pemeliharaan alat (Rp/jam)

Bo = Upah operator tiap jam (Rp/jam)

PP = 2 % ( P – S ) / 100 jam

Bo = Wop / Wt

dengan:

Wop = Upah tenaga kerja tiap hari (Rp/hari)

Wt = Jam kerja tiap hari (jam/hari)

Dengan demikian biaya pokok pengoperasian alat bioreaktor (Rp/kg)

dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$BP = \{(BT/n) + BTT\}/Kp \quad 5$$

dengan:

BP = Biaya pokok produksi bioplastik (Rp/kg)

BT = Biaya tetap (Rp/tahun)

BTT = Biaya tidak tetap (Rp/jam)

n = Jam kerja dalam satu tahun (jam/tahun)

Kp = Kapasitas kerja alat (kg/jam)

Sedangkan Break Event Point (BEP) atau titik impas merupakan titik terjadinya keseimbangan, yaitu keseimbangan antara keuntungan kotor dan biaya produksi, yang berarti pada titik tersebut tidak terjadi kerugian dan keuntungan. Titik impas (BEP) dapat dihitung dengan rumus berikut:

$$BEP = BT / \{HJ - \left(\frac{HB}{\pi}\right) - (BTT/KP)\} \quad 6$$

dengan:

BEP	= Titik impas (kg/tahun)
BT	= Biaya tetap (Rp/tahun)
BTT	= Biaya tidak tetap (Rp/jam)
HJ	= Harga jual (Rp/kg)
HB	= Harga bahan baku (Rp/kg)
$\eta$	= Rendemen proses produksi
KP	= Kapasitas kerja alat/mesin (kg/jam)

Analisa ekonomi berupa perhitungan biaya pokok produksi aksesoris dihitung dengan menggunakan persamaan (1) – (6), sehingga diperoleh hasil seperti yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Analisa tekno-ekonomi

Parameter	Nilai
<b>Asumsi</b>	
-Harga Alat (P), Rp/Unit	20000000
-Harga akhir alat (S), Rp/Unit	2000000
-Harga bahan bakar (gas), Rp/kg	5000
-Umur ekonomis (N), tahun	5
-Tingkat bunga modal (i), desimal	0,12
-Jumlah jam kerja, jam/hari	8
-Jumlah jam kerja (X), jam/tahun	2016
-Kapasitas alat (C), g/jam	0,36
-Rendemen (%)	0,65
-Harga jual aksesoris (Rp)	65000
-Harga beli bahan (Rp)	
Urea	250
Glukosa	400
Metanol	7800
Kloroform	17000
Plastik bekas	100
Minyak goreng	2400
Tali	250
Pengait	250
<b>Biaya tetap</b>	
-Penyusutan (D), Rp/th	3600000
-Tingkat pengembalian bunga modal (I), Rp/th	715000
<b>Total biaya tetap, Rp/th</b>	<b>4315000</b>
<b>Biaya tidak tetap</b>	
-Biaya tenaga kerja (4 orang), Rp/jam	5000
-Biaya perbaikan dan pemeliharaan, Rp/jam	3600
<b>Total biaya tidak tetap</b>	<b>4225</b>
<b>Biaya Pokok</b>	<b>17681</b>
<b>BEP (unit/tahun)</b>	<b>454,44</b>

Tabel 8 dapat dikatakan bahwa biaya pokok untuk produksi sebuah asesoris yang dibuat dari campuran limbah plastik bekas dan plastik biodegradabel adalah cukup rendah yaitu Rp.17.681, sedangkan nilai BEP nya adalah 454.44 unit pertahun. Melihat nilai BEP yang cukup rendah, maka asesoris dari limbah plastik dan plastik biodegradabel cukup layak untuk diproduksi secara komersial.

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1 Kesimpulan**

Hasil penelitan produktivitas menunjukkan bahwa penambahan metanol pada proses *pretreatment* untuk rekoveri PHA dari biomass akan meningkatkan perolehan PHA yang terekstrak. Hasil relatif baik diperoleh pada perendaman 2 jam dengan rekoveri PHA sebesar 61,5%. Sedangkan variabel proses yang paling berpengaruh adalah konsentrasi nitrogen. Kondisi optimum untuk rekoveri PHA dicapai pada konsentrasi nitrogen sebesar 4 mg/L, konsentrasi fosfor 2 mg/L, konsentrasi oksigen 5 mg/L dan rasio aerob-anaerob pada 1:4. Biaya pokok untuk produksi sebuah asesoris yang dibuat dari campuran limbah plastik bekas dan plastik biodegradabel adalah cukup rendah yaitu Rp.17.681, sedangkan nilai BEP nya adalah 454.44 unit pertahun. Melihat nilai BEP yang cukup rendah, maka asesoris dari limbah plastik dan plastik biodegradabel cukup layak untuk diproduksi secara komersial.

#### **6.2 Saran**

Perlu dipertimbangkan untuk melakukan penelitian aplikasi dengan mitra industri menggunakan limbah gliserol yang sebenarnya dari industri biodisel. Aliran udara masuk pada periode aerob sangat berpengaruh terhadap pembentukan PHA, karena diperlukan pengontrolan yang lebih baik selama proses berjalan.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Achmad, L.F., Handayani, D., dan Arifan, F., 2008, "Model Regresi Biokonversi Limbah Cair Industri Pangan Menjadi Plastik *Biodegradable* (Polihidroksialkanoat) Dengan Menggunakan Lumpur Aktif", Laporan Fundamental DIKTI.
2. American Public Health Association, 1992, *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*, 18<sup>th</sup> ed., APHA, Washington USA.
3. Annuar, M.S., Irene K.P.Tan and K.B. Ramachandran, Evaluation Of Nitrogen Sources For Growth And Production Of Medium-Chain-Length Poly-(3-Hydroxyalkanoates) From Palm Kernel Oil By Pseudomonas Putida PGA1, *Asia Pacific Journal of Molecular Biology and Biotechnology*, Vol. 16 (1) : 11-15
4. Arifan, F., Yulianto, M.E., dan Paramita, V., 2005, "Pemanfaatan Limbah Cair Industri Pangan Berbahan Baku Tepung Terigu Sebagai Plastik *Biodegradable*", Laporan Penelitian P&K Jateng.
5. Budihardjo, M.A., Handayani, D., dan Arifan, F., 2009, "Pengembangan *Sequencing Batch Bioreactor* Untuk Produksi Plastik *Biodegradable* (Polihidroksialkanoat) dari Limbah Cair Industri Tapioka", Laporan Hibah Bersaing DP2M.
6. Chua, H., dan P.H.F. Yu, 1999, Production of Biodegradable Plastics from Chemical Wastewater – A Novel Method to Reduce Excess Activated Sludge Generated from Industrial Wastewater Treatment, *Wat. Sci. Tech.*, 39(10-11), hal. 273-280.
7. Chua, H., P.H.F. Yu, dan L.Y. Ho, 1997, Coupling of Wastewater Treatment with Storage Polymer Production, *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 63, hal. 627-635.
8. Droste, R.L., 1997, Theory and Practice of Water and Wastewater Treatment, John Wiley & Sons, New York, hal. 547-612.
9. Handayani, D., 2007, "Pemanfaatan Limbah Cair Industri Pangan Berbahan Baku Tepung Terigu Sebagai Plastik *Biodegradable*", Laporan PKM DIKTI.
10. Helmreich, B., D. Schreff, dan P.A. Wilderer, 2000, Full Scale Experiences with Small Sequencing Batch Reactor Plants in Bavaria, *Wat. Sci. Tech.*, 41(1), hal. 89-96.
11. Henze, Mogens, Poul Harremoës, Jes la Cour Jansen, dan Erik Arvin, 1995, Wastewater Treatment: Biological and Chemical Process, Springer-Verlag Berlin, Germany, hal. 95-98, 273-283.

12. Horan, N.J., 1991, *Biological Wastewater Treatment Systems: Theory and Operation*, John Wiley & Sons, England, hal. 197, 230-233.
13. Jogdand, S.N., 2000, *Welcome to the World of Eco-Friendly Plastics : Bioplastics*, *C:\ProgramFiles\TeleportPro\Projects\Bioplastic\_India\BP6.htm*
14. Lee, S.Y., 1996, Plastic Bacteria? Progress and Prospects for Polyhydroxyalkanoate Production in Bacteria, *Tibtech*, 14, hal. 431-438.
15. Mino, T., M.C.M. Van Loosdrecht, dan J.J. Heijnen, 1998, Microbiology and Biochemistry of the Enhanced Biological Phosphate Removal Process, *Wat. Res.*, 32(11), hal. 3193-3207.
16. Poirier, Y., C. Nawrath, dan C. Someville, 1995, Production of Polyhydroxyalkanoates, a Family of Biodegradable Plastics and Elastomers, in *Bacteria and Plants*, *Bio/Technology*, 13, hal. 142-150.
17. Punrattanasin, W, 2001, *The Utilization of Activated Sludge Polyhydroxyalkanoates For the Production of Biodegradable Plastics*, Environmental and Science Engineering, Virginia University.
18. Purnama, H., 2001, *Kajian Awal Pembentukan Polihidroksialkanoat (PHA) pada Sistem Pengolah Limbah Lumpur Aktif dengan Sequencing Batch Reactor (SBR)*, *Tesis Magister*, Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung.
19. Sangkharak, K and Prasertsant, P, 2008, Nutrien Optimization For Production Of Polyhydroxybutyrate From Halotolerant Photosynthetic Bacteria Cultivated Under Aerobic-Dark Condition, *Electronic Journal of Biotechnology* ISSN: 0717-3458, Vol.11 No.3.
20. Satoh, H., T. Mino, dan T. Matsuo, 1999, PHA Production by Activated Sludge, *Intl. Journal. of Biological Macromolecules*, 25, hal. 105-109.
21. Satoh, H., Y. Iwamoto, T. Mino, dan T. Matsuo, 1998, Activated Sludge as a Possible Source of Biodegradable Plastic, *Wat. Sci. Tech.*, 38(2), hal. 103-109.
22. Slejska, A., 1997, *Biodegradable Plastics*.
23. Water Environment Federation, 1994, *Basic Activated Sludge Process Control*, Alexandria USA, hal. 3-12.
24. Waluyohadi, *Studi Pengolahan Limbah Plastik menjadi Material Baru*, Abstrak Skripsi, ITB, 2004.

25. Yu, P., H. Chua, A.L. Huang, W. Lo, dan C.Q. Chen, 1998, Conversion of Food Industrial Waste into Bioplastics, *Appl. Biochem. Biotech.*, 70, hal. 603-614.

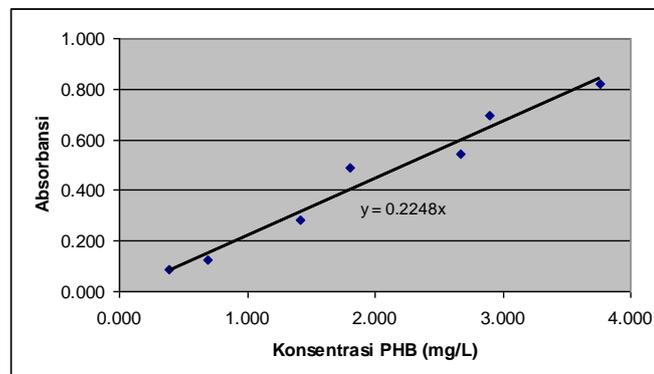
# LAMPIRAN

## Lampiran A. Kurva Baku PHA

Untuk menghitung kandungan PHA perlu dilakukan pembuatan kurva baku PHA pada berbagai kandungan kopolimer HV, yaitu 0%, 5%, 14%, dan 30%. Kemudian perlu juga dibuat hubungan antara kopolimer HV dengan titik lelehnya dan hubungan antara gradien dengan komposisi kopolimer HV. Dari ketiga hal tersebut dapat dihitung kandungan PH dalam g/g sel.

Tabel A.1 Kurva baku konsentrasi PHB (0% HV) terhadap absorbansi

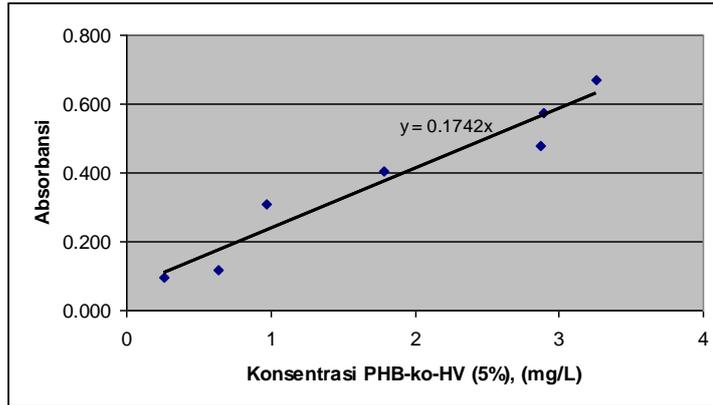
(PHB) 0% HV,		
No	mg/L	Absorbansi
1	0.386	0.086
2	0.695	0.127
3	1.420	0.280
4	1.806	0.487
5	2.674	0.542
6	2.895	0.695
7	3.760	0.820



Gambar A.1. Kurva baku konsentrasi PHB 0% HV terhadap absorbansi

Tabel A.2 Kurva baku konsentrasi PHB-ko-HV (5% HV) terhadap absorbansi

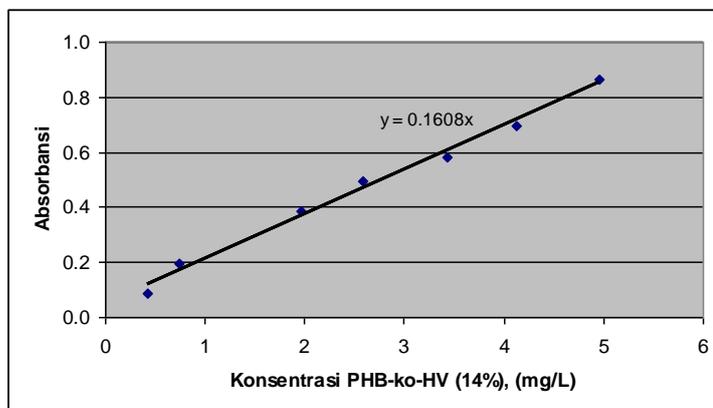
(PHB) 5% HV,		
No	mg/L	Absorbansi
1	0.256	0.094
2	0.642	0.117
3	0.974	0.309
4	1.783	0.404
5	2.870	0.480
6	2.895	0.573
7	3.256	0.670



Gambar A.2 Kurva baku konsentrasi PHB-ko-HV 5% HV terhadap absorbansi

Tabel A.3 Kurva baku konsentrasi PHB-ko-HV (14% HV) terhadap absorbansi

(PHB) 14% HV,		
No	mg/L	Absorbansi
1	0.256	0.094
2	0.642	0.117
3	0.974	0.309
4	1.783	0.404
5	2.87	0.480
6	2.895	0.573
7	3.256	0.670

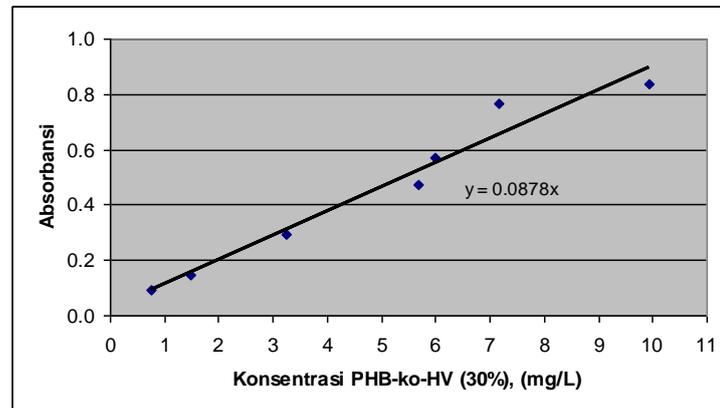


Gambar A3 Kurva baku konsentrasi PHB-ko-HV 5% HV terhadap absorbansi

Tabel A.4 Kurva baku konsentrasi PHB-ko-HV (14% HV) terhadap absorbansi

(PHB) 30% HV,		
No	mg/L	Absorbansi

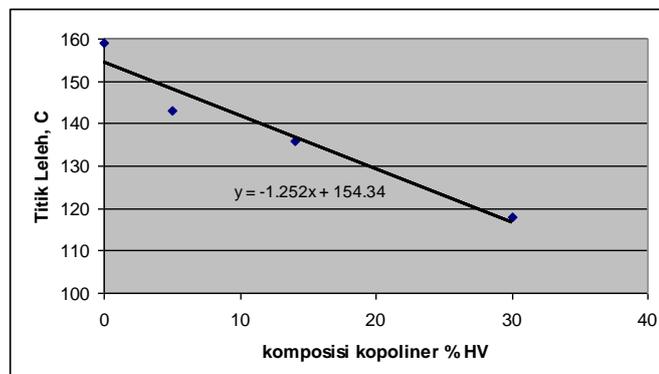
1	0.746	0.092
2	1.497	0.147
3	3.246	0.292
4	5.682	0.475
5	5.983	0.573
6	7.156	0.769
7	9.943	0.838



Gambar A.4 Kurva baku konsentrasi PHB-ko-HV 30% HV terhadap absorbansi

Tabel A.5 Kurva baku konsentrasi kopolimer % HV terhadap titik leleh

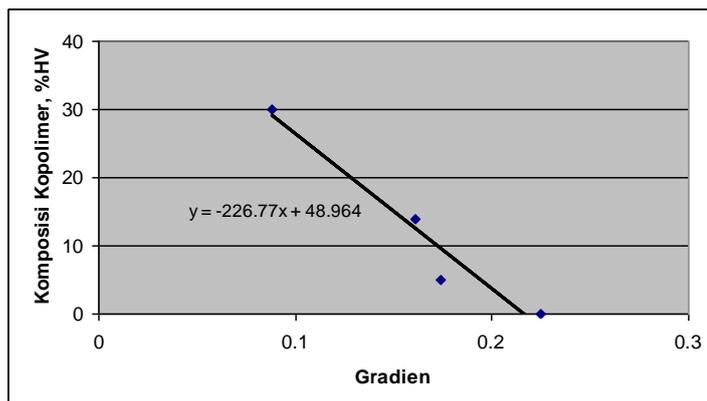
No	% HV	Titik Leleh, °C
1	0	159
2	5	143
3	14	136
4	30	118



Gambar A.5 Kurva baku konsentrasi kopolimer % HV terhadap titik lelehnya

Tabel A.6 Kurva baku gradien terhadap konsentrasi kopolimer

No	Gradien	% HV
1	0.2248	0
2	0.1742	5
3	0.1608	14
4	0.0878	30



Gambar A.6 Kurva baku gradien terhadap konsentrasi kopolimer

## Lampiran B. Contoh Perhitungan

### B.1 Perhitungan Konsentrasi MLSS

Data pada tempuhan 1, hari ke-23

Volum sampel = 10 mL

Berat kertas saring setelah dioven (a) = 540 mg

Berat kertas saring + lumpur setelah dioven (b) = 634 mg

Perhitungan :

$MLSS = ((a-b) \cdot 1000) / \text{volum sampel}$

$= ((634 - 540) \cdot 1000) / 10$

$= 7400 \text{ mg/L}$

## B.2 Perhitungan Konsentrasi COD

Data pada tempuhan 1, hari ke-23 COD efluen

Pengenceran (P) = 1 kali

Absorbansi = 0,124 A

Persamaan kurva kalibrasi :

$$Y = 6281 x - 44,225$$

Dengan : x = absorbansi

y = konsentrasi COD, mg/L

Perhitungan : y = 6281 x - 44,225

$$X = 734,62 \text{ mg/L}$$

Konsentrasi COD sesungguhnya adalah konsentrasi COD perhitungan dikalikan dengan P.

## B.3 Perhitungan Konsentrasi BOD<sub>5</sub>

Data tempuhan 6, BOD efluen (pengenceran 10x)

BOD sampel terukur (BOD<sub>x</sub>) = 85 mg/L O<sub>2</sub>

BOD seed terukur (BOD<sub>s</sub>) = 30 mg/L O<sub>2</sub>

Fraksi volum seed (f<sub>s</sub>) = 0,1

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{BOD}_s &= (\text{BOD}_x - (f_s \cdot \text{BOD}_s)) / (1 - f_s) \\ &= (85 - (0,1 \cdot 30)) / (1 - 0,1) \\ &= 91,999 \text{ mg/L (x 10)} = 911,11 \text{ mg/L O}_2 \end{aligned}$$

## B.4 Perhitungan Konsentrasi TKN

Data pada tempuhan 1, hari ke-23 TKN efluen

Volum HCl 0,1 N untuk titrasi = 0.25 ml

Volum sampel dalam digester = 10 ml

Perhitungan :

$$\begin{aligned} \text{Total N} &= (\text{ml HCl} \cdot \text{N HCl} \cdot \text{BE N} \cdot 1000) / \text{volum sampel} \\ &= (0,25 \cdot 0,1 \cdot 14 \cdot 1000) / 10 \\ &= 26,85 \text{ mg/L} \end{aligned}$$

## B.5 Perhitungan Konsentrasi PHA

Perhitungan konsentrasi PHA dilakukan dengan menggunakan persamaan berikut :

1. Persamaan kurva baku hubungan antara % HV terhadap titik lelehnya (Lampiran 3.5) :

$$y = -1,3812 x + 159,17 \quad \dots\dots\dots (1)$$

dengan  $y$  = titik leleh, °C

$x$  = komposisi hidroksivalerat, % HV

2. Persamaan kurva baku hubungan antara gradien terhadap % HV (Lampiran B.6)

$$y = -195,76 x + 47,961 \dots\dots\dots (2)$$

dengan  $y$  = komposisi hidroksivalerat, % HV

$x$  = gradien

Data pada tempuhan 1 hari ke-23

Titik leleh = 146°C

Absorbansi = 0,763

Pengenceran = 300 kali

Volum sampel = 1 ml

Dari persamaan (1) diperoleh :

$$146 = -1,252 x + 154,34$$

$$x = 9,535 \%$$

Komposisi hidroksivalerat ini digunakan untuk menghitung gradien

Dari persamaan (2) diperoleh :

$$9,535 = -195,76 x + 47,961$$

$$x = 0,196$$

Gradien ini digunakan untuk menghitung konsentrasi kopolimer dengan komposisi 9,535 % HV.

Untuk mendapatkan konsentrasi kopolimer dengan pengenceran digunakan persamaan :

$$Y = a \cdot X_n \dots\dots\dots (3)$$

Dengan :  $Y$  = absorbansi, A

$a$  = gradien

$X$  = konsentrasi kopolimer, mg/L

$n$  = pengenceran, kali

Jadi konsentrasi kopolimer pada pengenceran 300 kali adalah :

$$0,763 = (0,196) X_{300}$$

$$X_{300} = 3,887 \text{ mg/L}$$

Dan konsentrasi kopolimer tanpa pengenceran adalah :

$$X = X_{300} (\text{pengenceran}) / \text{volum sampel}$$

$$= (3,887 * 300) / 1$$

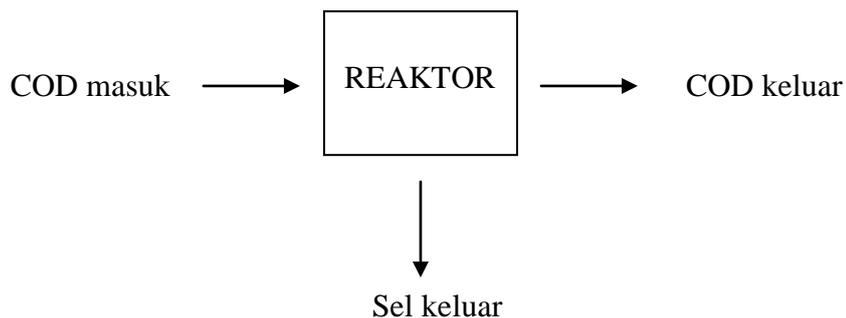
$$= 1166,129 \text{ mg/L}$$

Kandungan PHA diperoleh dengan cara membagi konsentrasi PHA dengan konsentrasi MLSS pada kondisi tersebut.

$$\text{MLSS} = 7400 \text{ mg/L}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi kandungan PHA} &= 1166,129 / 7400 \\ &= 0,1576 \text{ g PHA/g sel} \end{aligned}$$

### Lampiran C. Perhitungan Neraca COD



Neraca COD :

$\text{COD total masuk reaktor} - \text{COD total keluar reaktor} = 0$
--

Contoh perhitungan :

Reaktor I

Volume lumpur dalam reaktor = 1,5 liter/hari

Laju pengumpanan = 1 liter/siklus x 2 siklus/hari = 2 liter/hari

COD influen = 10780,367 mg/L

COD efluen = 778,542 mg/L

MLSS = 7800 mg/L

Pengambilan SRT = 75 mL/hari

Jumlah sel out = 75 mL/hari x 7800 mg/L x 1 L/1000 mL = 585 mg/hari

Kandungan PHA = 0,1169 g/g sel = 0,1169 mg/mg sel

Beban COD in = 10780,367 mg/L x 2 L/hari = 21560,734 mg/hari

COD out = 822,542 mg/L x 2 L/hari = 1645,084 mg/hari

COD removal = COD in – COD out = 20003,650 mg/hari = 1469,238 mg/hari  
= 20569,332 mg/hari

Menurut Liu (1998), konversi COD dimanfaatkan untuk proses-proses berikut :

- Pembentukan sel (biosintesis), fraksi sebesar 0,4

- Denitrifikasi pada saat kondisi aerobik, settling, dan idling, fraksi sebesar 0,2
  - Maintenance, fraksi sebesar 0,05
  - Pembentukan PHA, fraksi sebesar 0,05
  - Sintesis polifosfat, fraksi sebesar 0,02
  - Metabolisme karbohidrat, fraksi sebesar 0,03
- ◇ Pemanfaatan COD menjadi sel  

$$\text{COD biomassa} = 0,4 \times 20569,332 = 8227,732 \text{ mg COD/hari}$$
  - ◇ Pemanfaatan COD untuk denitrifikasi (DN)  

$$\text{COD DN} = 0,2 \times 20569,332 = 4113,87 \text{ mg COD/hari}$$
  - ◇ Pemanfaatan COD untuk *maintenance*  

$$\text{COD m} = 0,05 \times 20569,332 = 1028,467 \text{ mg COD/hari}$$
  - ◇ Pemanfaatan COD untuk pembentukan PHA  

$$\text{COD PHA} = 0,05 \times 20569,332 = 1028,467 \text{ mg COD/hari}$$
  

$$\text{Perolehan PHA per hari} = 0,1576 \text{ mg/mg sel} \times 555 \text{ mg sel/hari} = 87,469 \text{ mg PHA/hari}$$
  - ◇ Pemanfaatan COD untuk sintesi polifosfat (PS)  

$$\text{COD PS} = 0,02 \times 20569,332 = 411,387 \text{ mg COD/hari}$$
  - ◇ Pemanfaatan COD untuk metabolisme karbohidrat (CH)  

$$\text{COD CH} = 0,03 \times 20569,332 = 617,080 \text{ mg COD/hari}$$
- $$\text{COD used} = \text{COD biomassa} + \text{COD DN} + \text{COD m} + \text{COD PHA} + \text{COD PS} + \text{COD CH}$$

$$= 8227,732 + 4113,866 + 1028,467 + 1028,467 + 411,387 + 617,080$$

$$= 16426,999 \text{ mg COD/hari}$$
- $$\text{COD lost} = \text{COD removal} - \text{COD used}$$

$$= 20569,332 - 15426,999 = 5142,333$$
- ◇ Perolehan (*Yield*) terhadap COD *removal*

**Lampiran D. Foto Kegiatan Laboratorium**



**Gambar E.1 Foto alat bioreaktor enzimatis**



**Gambar E.2 Foto bahan-bahan penelitian**



**Gambar E.3 Foto aklimatisasi**



**Gambar E.4 Foto analisa MLSS dan PHA**



**Gambar E.5 Foto produk bioplastik**



**Gambar E.6 Foto produk bioplastik**

## **E. Biodata Peneliti**

### **E.1 Penanggung Jawab/Ketua Peneliti**

Nama Lengkap : Rita Dwi Ratnani, ST., M.Eng.

N P P : 05.01.1.0067  
 Pangkat/Golongan : Penata Muda/IIIa  
 Tempat/tgl lahir : Kendal 12 Juni 1975  
 Jenis Kelamin : Perempuan  
 Agama : Islam  
 Bidang Keahlian : Rekayasa Pengolahan Limbah  
 Kantor/Unit Kerja : Jurusan Teknik Kimia Fak. Teknik UNWAHAS  
 Alamat Kantor : Jl. Menoreh Tengah X/22 Sampangan Semarang  
 Telepon/Fax : (024) 8505680  
 Alamat Rumah : Salamsari RT.01/03 Kecamatan Boja Kabupaten Kendal  
 Kode pos. 51381

#### **Pendidikan:**

No	Pendidikan	Ijasah Tahun	Spesialisasi
1.	S1 IST."AKPRIND" Yogyakarta	1999	Teknik Kimia
2.	S2 Universitas Gadjah Mada Yogyakarta	2008	Teknik Kimia

#### **Pengalaman Riset Yang Relevan**

No	Judul Riset	Tahun
1.	Kinetika Reaksi Kimia pada Proses Pirolisis Karbon Aktif dari Eceng Gondok dengan Bahan Pengaktif NaCl.	2002
2.	Adisi Formaldehid pada Turunan Fenol dalam Cairan Minyak Kulit Jambu Mete	2003
3.	Ekstraksi Gula Stevia dari Tanaman Stevia Rebaudiana Bertoni	2004
4.	Hidrolisa Enzimatik minyak sawit mentah (CPO) menjadi Asam Lemak	2005
5.	Kajian Awal Pembuatan Minyak Kelapa Dengan Menggunakan Ragi Tape dan Air Nira	2006
6.	Kecepatan Penyerapan Zat Organik Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Eceng Gondok.	2008
7.	Kecepatan Penyerapan Zat Organik Pada Limbah Cair Industri Tahu Dengan Eceng Gondok, Lumpur Aktif dan Kombinasi Eceng Gondok dan Lumpur Aktif.	2008
8.	Studi Pengolahan Limbah Cair Tahu menjadi Biogas sebagai Bahan Bakar Alternatif di Kabupaten Grobogan, BAPPEDA Grobogan.	2010

#### **Publikasi**

No.	Judul Riset	Tahun
1.	Proses Pirolisis Karbon Aktif dari Eceng Gondok dengan Bahan Pengaktif NaCl.	2005
2.	Rita Dwi Ratnani, (2005) Ekstraksi Gula Stevia dari Tanaman Stevia Rebaudina Bertoni. Majalah Ilmiah Momentum, ISSN 0216 – 7395. Vol. 1 No 2 Oktober 2005 Majalah Ilmiah dipublikasikan	2005
3.	Rita Dwi Ratnani, Rochmadi, Panut Mulyono (2008). Kecepatan Penyerapan Zat Organic Dalam Limbah Cair Industri Tahu dengan Eceng Gondok, Seminar Nasional	2008
4.	Rita Dwi Ratnani, (2008) Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan Oleh Partikel. Majalah Ilmiah Momentum, ISSN 0216 – 7395. Vol 3 No 2 Oktober 2008 Majalah Ilmiah dipublikasikan	2008
5.	Laeli Kurniasari, I. Hartati., R.D. Ratnani, dan I. Sumantri (2008) Kajian Ekstraksi Assisted Extraction (MAE). Majalah Ilmiah Momentum, ISSN 0216 – 7395. Vol 3 No 2 Oktober 2008 Majalah Ilmiah dipublikasikan	2008
6.	Rita Dwi Ratnani, (2009) Bahaya Bahan Makanan Tambahan Makanan Bagi Kesehatan. Majalah Ilmiah Momentum, ISSN 0216 – 7395. Vol 3 No 2 April 2009 Majalah Ilmiah dipublikasikan	2009

#### Kegiatan Pengabdian Masyarakat

No.	Kegiatan Pengabdian pada Masyarakat	Bentuk	Tempat/ Instansi	Tanggal
1	2	3	4	5
1	Tim Pembuatan Kincir Angin	Laporan	Kec. Kaliori Kab.Rembang	20 Juli 2002
2	Service Gratis Sepeda Motor Honda	Pelayanan	Universitas Wahid Hasyim	24 Nopember 2005
3	Pelatihan Operator bagi Tenaga Kontrak Sub Dinas Pendidikan Luar Sekolah Dinas Pendidikan Kota Semarang	Pelayanan	Universitas Wahid Hasyim	20 Nopember 2005
4	Tim Pembuatan mesin pembuat tepung ikan dari limbah ikan	Laporan	MuararejaTegal	29 Oktober 2003

#### Kegiatan Pendidikan dan Pelatihan

No	Judul Riset	Tempat	Waktu
1.	Pelatihan PSKP	Unika Semarang	3 February S/d 30 April 03
2	Pelatihan Peneliti Tenaga Edukatif	Unwahas	29 Juli s/d 16 Agustus 2002
3	Pelatihan Pekerti	Unwahas	13 – 18 Februari 2006
4.	Pelatihan AA	Unwahas	3-6 September 2007
5.	Pelatihan Sertifikasi Dosen Perguruan Tinggi Swasta	Kopertis Wilayah VI Semarang	5 Maret 2009

Semarang, 11 Desember 2011

Rita Dwi Ratnani, ST., M.Eng

## E.2 Anggota Penelitian I

Nama : Mochammad Arief Budihardjo, ST, M.EngSc  
 NIP : 132 296 854  
 Pangkat/Golongan : Penata Muda Tk.1/IIIB  
 Jabatan Fungsional : Asisten Ahli  
 Tempat tanggal lahir : Semarang, 30-Sep-74  
 Alamat Rumah : Jl. Taman Adenia 8 No 8 Graha Padma  
 Semarang

## Pendidikan

1. S1 Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang

2. S2 Environmental Engineering, Griffith University, Australia

**Hasil Penelitian dan Publikasi Karya Ilmiah Terbaru**

No	Judul Tulisan	Tahun	Nama Jurnal
1	Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Terhadap Penurunan Kadar Besi Terlarut dalam Air (Studi Kasus IPA IKK Prambanan Klaten) Chandrika Marchliana, Mochamad Arief Budihardjo	2005	Pilar – Volume 14 Nomor 1, April 2005 ISSN 0854-1515
2	Teknologi Pemanfaatan Limbah Cair Elektroplating Khrom Mochamad Arief Budihardjo, Suparmi S. Rahayu, Robby Sukwadi	2005	Pilar, Vol. 14 No. 2 September 2005 ISSN 0854-1515
3	Dasar-dasar Pemodelan dan Pemrograman Nurandani Hardyanti, Mochamad Arief Budihardjo	2006	PS TL FT Undip
4	Pengelolaan Sumber Daya Air Mochamad Arief Budihardjo, Endro Sutrisno	2005	PS TL FT Undip
5	Studi Potensi Pengomposan Sampah Kota sebagai Salah Satu Alternatif Pengelolaan Sampah di TPA dengan Menggunakan Aktivator EM4 (Effective Microorganism) Mochamad Arief Budihardjo	2006	Jurnal Presipitasi Vol. 1 No. 1 September 2006 ISSN 1907-187X
6	Source apportionment of Ambient Air Pollutant in Semarang Area Haryono S. Huboyo, M. Arief Budihardjo	2006	disajikan dalam “Better Air Quality” seminar CAI Net Jogjakarta 13 – 15 Desember 2006
7	Variasi temporal CO, NOx, dan parameter mikrometeorologi di area parkir (studi kasus di Supermarket Yogyakarta) Haryono S. Huboyo, M. Arief Budihardjo	2007	dipublikasi di seminar IATPI 2007 ISSN 0854 - 1957
8	Risk Analysis of Emitted from Motor Vehicles to People Living and Doing Activities in Roadside (Case Study: Jogjakarta’S Main Streets) Mochamad Arief Budihardjo	2007	Jurnal Teknik Vol. 28 No. 1 April 2007 ISSN 0852-1697
9	Study of Bulking Agents Selection for Oil Sludge Bioremediation (Case Study: Oil Sludge Bioremediation in TOTAL E&P INDONESIA.) Syafrudin, Mochamad Arief Budihardjo	2007	Jurnal Teknik Vol. 28 No. 1 April 2007 ISSN 0852-1697
10	Studi Pembentukan Zona Jaringan Pipa Distribusi Air Minum Kota Semarang (Wilayah pelayanan PDAM Semarang Utara) Nasrullah, Mochamad Arief Budihardjo	2007	Jurnal Teknik Vol. 28 No. 1 April 2007 ISSN 0852-1697
11	Risk Analysis of CO Emitted from Motor Vehicles to People Living and Doing Activities in Roadside (Case Study: Jogjakarta’s Main Streets) Mochamad Arief Budihardjo	2007	Jurnal Presipitasi Vol. 2 No. 1 April 2007 ISSN 1907- 187X
12	Desain Insinerator Pengolahan Persampahan di Tempat	2007	Hasil penelitian

	Pembuangan Akhir Banyuurip Kabupaten Magelang Mochamad Arief Budihardjo		terpublikasi di Perpustakaan Pusat Universitas Diponegoro Semarang
13	Optimasi Sistem Pengumpulan dan Pengangkutan Sampah Kota Semarang dengan Pendekatan Model Dinamis Powersim M. Arief Budihardjo <sup>1</sup> , Badrus Zaman <sup>2</sup>	2007	dipublikasi di seminar IATPI 2007 ISSN 0854 - 1957
14	Pengembangan <i>Sequencing Batch Bioreactor</i> Untuk Produksi Plastik <i>Biodegradable (Polihidroksialkanoat)</i> Dari Limbah Cair Industri Tapioka Mochamad Arief Budihardjo <sup>1</sup> , Fahmi Arifan <sup>2</sup>	2009	Hasil penelitian Hibah Bersaing DP2M terpublikasi di Perpustakaan Pusat Universitas Diponegoro Semarang

### Seminar dan Pelatihan

No	Judul Kegiatan	Tahun	Tempat	Penyelenggara	Posisi
1	Pelatihan Solid Waste Management Practice, , 2000	2000	Queensland Australia	Griffith University QLD	Peserta
2	Pelatihan Air Pollution Control Engineering, 2001	2001	Queensland Australia	Griffith University QLD	Peserta
3	Pelatihan Dosen Wali	2003	Semarang	Lembaga Pendidikan Undip	Peserta
4	Workshop Biolog <sup>TM</sup> Rapid Identification System For Microorganism	2004	Semarang	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia	Peserta
5	Seminar Nasional “Kajian Pengelolaan Sampah Secara Terintegrasi – Implementasi dan Kesiapan Daerah dalam Pengelolaan Sampah Regional Lintas Kabupaten/Kota”	2004	Semarang	TL UNDIP, MenLH, BPPT, MenKimpraswil	Panitia
6	Seminar Nasional Teknologi Pengolahan Air Buangan Rumah Tangga dan Industri	2004	Semarang	TL UNDIP	Peserta
7	Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Teknologi Lingkungan	2005	Semarang	TL UNDIP	Peserta
8	Simposium Penerapan Desain, Standar Mutu dan Biosafety Lab	2004	Semarang	Perhimpunan Mikrobiologi	Peserta

	Mikrobiologi pada Industri Pangan, Farmasi dan Bioindustri			Indonesia	
9	Pelatihan Manajemen Ekonomi Lingkungan	2004	Surakarta	PPE UNS	Peserta
10	Pendidikan Komputer MS Windows 2000 Server Administration	2005	Semarang	LPK Wahana	Peserta
11	Pendidikan Komputer MS SQL Server Database Administration	2005	Semarang	LPK Wahana	Peserta
12	Pelatihan Water Quality Modelling & Workshop Qual2E	2005	Surabaya	University of Technology Malaysia (UTM) -ITS	Peserta
13	Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Teknik Lingkungan	2006	Semarang	TL UNDIP	Peserta
14	Pelatihan Sustainable Energy and Environment Management, Oktober 2007	2007	Pattaya, Thailand	Kyoto University- JGSEE- Rajamanggala University	Peserta
15	Seminar Nasional	2009	Solo	UMS	Peserta

### Pengabdian pada Masyarakat

No	Judul Kegiatan	Tahun	Tempat	Penyelenggara	Posisi
1	Pembuatan Bron Captering di Dusun Thekelan Desa Batur Kecamatan Getasan Kabupaten Daerah Tingkat II Semarang	2001	Desa Batur Kec. Getas Kab. Daerah Tingkat II Semarang	TL UNDIP	Anggota
2	Penambahan Jaringan Tersier Pipa Diameter 1 Inch di Dusun Tekelan Desa Batur Kecamatan Getasan Kabupaten Semarang	2003	Desa Batur Kec. Getas Kab. Daerah Tingkat II Semarang	TL UNDIP	Anggota
3	Pembiakan Bakteri EM4 Dengan Media Kotoran Sapi di Dusun Tekelan Desa Batur Kec. Getasan Kab. Semarang	2005	Desa Batur Kec. Getas Kab. Daerah Tingkat II Semarang	TL UNDIP	Anggota
4	Pembibitan untuk Persiapan Penghijauan Dusun Tekelan Desa Batur Kec. Getasan Kab. Semarang	2006	Semarang	TL UNDIP	Anggota
5	Sosialisasi Pengelolaan Sampah Terpadu Kota Magelang	2006	Magelang	TL UNDIP	Anggota
6	Sosialisasi Pengelolaan Sampah Kereta Api (Environmental Education on The Rail)	2006	KA Jurusan Semarang-Solo, Semarang-Tegal	TL UNDIP dan PT KAI	Anggota

7	Sosialisasi dan Analisa Komposisi Sampah Rumah Tangga Kota Purwokerto	2006	Purwokerto	TL UNDIP	Anggota
---	---	------	------------	-------------	---------

Semarang, 11 Desember 2011

Mochamad Arief Budihardjo, ST, MEng.Sc

### **E.3 Anggota Penelitian II**

Nama : Ir. Deddy Kurniawan Wikanta, MM

Tempat, tanggal lahir : Semarang/ 22 April 1952

Pangkat/golongan : Penata /III c

NIP : 130 936 139

Jabatan sekarang : Lektor

Bidang Keahlian : Rekayasa Industri Kreatif

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia

Perguruan Tinggi : Universitas Diponegoro

Alamat : Jl. Petelan Tengah No. 863 Semarang

Telepon : 024 3544288

Jenis Kelamin : Laki – laki

Status Pernikahan : Sudah menikah

### **PENDIDIKAN FORMAL**

No	Perguruan Tinggi	Kota & Negara	Tahun Lulus	Bidang Studi
1.	Universitas Diponegoro	Semarang/Indonesia	1978	Teknik Kimia
2.	Universitas Diponegoro	Semarang/Indonesia	1998	Manajemen

### **PENGALAMAN PENELITIAN YANG RELEVAN**

No.	Judul Riset	Tahun
-----	-------------	-------

---

1.	Hidrolisa CPO Menjadi Asam Lemak Secara Enzimatis	2003
2.	Pembuatan Etil Ester Dari Minyak Sawit Dengan Katalis NaOH	2004
3.	Kinetika Reaksi Eugenol Minyak Cengkeh Menjadi Isoeugenol	2005
4.	Kinetika Reaksi Metanolisis Minyak Jarak Pagar Menjadi Biodisel Secara Enzimatis	2006
5.	Analisa Pengaruh kebisingan, Pencahayaan dan Shift Kerja Terhadap Tingkat Kesalahan Periksa Kualitas Hasil Galvanisasi Seng	2007
6.	Analisis Pengukuran Keandalan Manusia Pada Aktivitas Pemeriksaan Warna (Studi Kasus Di Pt. Polysindo Eka Perkasa)	2008

---

### **PUBLIKASI ILMIAH**

1. Mohamad Endy Yulianto dan **Deddy Kurniawan W**, 2004, "Koefisien Perpindahan Massa Pada Ekstraksi Asam Lemak Bebas Dari Minyak Nabati Dalam Tangki Berpengaduk", Prosiding Seminar nasional Teknik Kimia "Kejuangan" UPN Yogyakarta, 27 – 28 Januari 2004, ISSN : 1693-4393, halaman B12-1 – B12-6.
2. **Deddy Kurniawan W** dan Munawar, 2005, "Kajian Pengolahan Isoeugenol Dengan Isomerisasi Minyak Cengkeh", Jurnal Gema Teknologi, Volume 14 Nomor 2, Maret 2005 ISSN : 0852-0232.
3. **Deddy Kurniawan W** dan Munawar, 2005, "Pembuatan Etil Ester Dari Minyak Sawit Dengan Katalis NaOH", Jurnal Pengembangan Rekayasa Dan Teknologi, Volume 7 Nomor 1, Juni 2005, ISSN : 0410-9840.
4. Diyono Ikhsan, M. Endy Y, **Deddy Kurniawan W**, Fahmi Arifan, "Rancang Bangun Reaktor Enzimatis untuk Memproduksi Biodisel dari Minyak Goreng Bekas", PROSIDING P&K Jateng, tanggal 5-8 September 2006, hal. 193 – 201, ISBN : 979-3514-0-7.
5. **Deddy Kurniawan W**, Ratna Purwaningsih, Erwin Ardiansyah, 2006. Analisis Jaringan Kerja Dan Penentuan Jalur Kritis Dengan Critical Path Methode – CPM (Studi Kasus Pembangunan Rumah Graha Taman Pelangi Type Milano Pada PT Karyadeka Alam Lestari Semarang), Jurnal J@TI Edisi Januari 2006, Universitas Diponegoro.
6. Ratna Purwaningsih, **Deddy Kurniawan W**, Daryanti, 2008, Analisa Pengaruh kebisingan, Pencahayaan dan Shift Kerja Terhadap Tingkat Kesalahan Periksa Kualitas Hasil Galvanisasi Seng, Proceeding Seminar Nasional Manufaktur II 2008. Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Sultan Agung (UNISSULA) Semarang.

Semarang, 11 Desember 2011

Ir. Deddy Kurniawan W, MM