

**PENGARUH PENAMBAHAN STRAIN *BACILLUS CEREUS* TERHADAP PRODUKSI PHB DAN PENURUNAN KADAR COD PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAPIOKA SISTEM *SEQUENCING BATCH REACTOR***

**LAPORAN PENELITIAN**

Diajukan sebagai persyaratan untuk menyelesaikan Program Pendidikan S1 Teknik Kimia



Oleh  
**Stefani Debby Sintyawati**  
21150275D

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SETIA BUDI  
SURAKARTA  
2019**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**LAPORAN PENELITIAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN STRAIN *BACILLUS CEREUS*  
TERHADAP PRODUKSI PHB DAN PENURUNAN KADAR COD  
PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAPIOKA SISTEM  
*SEQUENCING BATCH REACTOR***

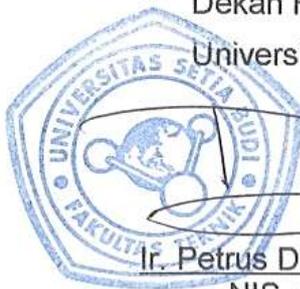
Oleh :  
**Stefani Debby Sintyawati**  
21150275D

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji  
pada tanggal .....

Nama	Tanda Tangan
Penguji I : Dewi Astuti H, S.T., M.Eng.	
Penguji II : Narimo, ST.,MM.	
Penguji III : Gregorius Prima Indra B, S.T.,M.Eng	

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Setia Budi



Ir. Petrus Darmawan, S.T., M.T.  
NIS. 01199905141068

Ketua Progam Studi  
S1 Teknik Kimia

  
Dewi Astuti H, S.T., M.Eng.  
NIS. 01199601032053

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**LAPORAN PENELITIAN**

**PENGARUH PENAMBAHAN STRAIN *BACILLUS CEREUS*  
TERHADAP PRODUKSI PHB DAN PENURUNAN KADAR COD  
PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR TAPIOKA SISTEM  
*SEQUENCING BATCH REACTOR***

Oleh :

**Stefani Debby Sintyawati**

**21150275D**

Telah disetujui oleh Pembimbing  
pada tanggal .....

Pembimbing



Gregorius Prima Indra Budianto, S.T.,M.Eng  
NIS. 01201407261183

Mengetahui,

Ketua Program Studi

S1 Teknik Kimia



Dewi Astuti H., S.T., M.Eng.  
NIS. 01199601032053

## KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa, karena atas hikmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian dengan judul “**Pengaruh Penambahan Strain *Bacillus Cereus* Terhadap Produksi PHB Dan Penurunan Kadar COD Pada Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem *Sequencing Batch Reactor*”**. Penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana S1 Teknik Kimia di Universitas Setia Budi Surakarta. Penulis banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak baik secara moril maupun secara materiil. Oleh karena itu, penulis sangat berterima kasih khususnya kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan rahmat-Nya.
2. Ibu Ana Ambarwati selaku orang tua penulis yang telah memberikan doa dan dukungannya yang tidak terhingga.
3. Bapak Petrus Darmawan, S.T., M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
4. Ibu Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta.
5. Bapak Gregorius Prima Indra Budianto, S.T.,M.Eng., selaku dosen pembimbing penelitian yang telah memberikan saran dalam seluruh penelitian.

6. Ibu Dewi Astuti Herawati, S.T., M.Eng., selaku dosen penguji penelitian yang telah memberikan masukan dan saran dalam laporan penelitian.
7. Bapak Narimo, S.T., M.M selaku dosen penguji penelitian yang telah memberikan masukan dan saran dalam laporan penelitian.
8. Kawan-kawan S1 Teknik Kimia, yang mendukung dan memberi semangat dalam seluruh proses penelitian ini.

Akhir kata penulis berharap semoga penelitian ini dapat dijadikan dasar untuk penelitian berikutnya.

Surakarta, Oktober 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
BAB I. PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang Masalah.....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Limbah Cair Tapioka .....	6
2.2 <i>Sequencing Batch Reactor</i> (SBR) .....	7
2.3 Polihidroksibutirat (PHB) .....	8
2.4 Parameter Kinetika.....	8
BAB III. METODE PENELITIAN .....	10
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian .....	10
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	10
3.3 Diagram Alir Penelitian .....	11
3.4 Prosedur Penelitian .....	12
3.4.1 Pengambilan Limbah Cair Tapioka dan Lumpur Aktif	12
3.4.2 Preklorinasi Limbah Cair Tapioka.....	12
3.4.3 Pengolahan Air Limbah dengan Proses Aerasi Lumpur Aktif Sistem SBR .....	12
3.5 Proses Analisis Data .....	13
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....	14
4.1 Proses Sequencing Batch Reactor .....	14
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	18
DAFTAR PUSTAKA .....	19

## DAFTAR TABEL

Tabel 1	Karakteristik limbah cair tapioka dan standar baku mutu air limbah tapioka .....	6
---------	--	---

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Diagram alir proses pengolahan tepung tapioka .....	5
Gambar 2	Siklus Proses <i>Sequencing Batch Reactor (SBR)</i> .....	7
Gambar 3	Skema dari <i>Sequencing Batch Reactor (SBR)</i> .....	10
Gambar 4	Penentuan pengaruh penambahan strain <i>Bacillus Cereus</i> terhadap penurunan kadar COD dan produksi PHB.....	11
Gambar 5	Pengaruh Penambah Strain <i>Bacillus Cereus</i> terhadap Profil COD .....	14
Gambar 6	Grafik Hubungan antara (S0-S) dengan (X-X0) .....	16
Gambar 7	PHB Murni .....	27
Gambar 8	Analisis <i>Digestion</i> .....	27
Gambar 9	Analisis Kadar COD .....	27
Gambar 10	Analisis Kadar PHB .....	27

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Kadar COD.....	22
Lampiran 2. Analisis Konsentrasi PHB.....	24

## INTISARI

Stefani Debby Sintyawati. 2018 “Pengaruh Penambahan Strain *Bacillus Cereus* Terhadap Produksi PHB dan Penurunan Kadar COD Pada Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem *Sequancing Batch Reactor*”, Tugas Penelitian, Jurusan S1 Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Setia Budi Surakarta. Pembimbing : Gregorius Prima Indra Budianto, S.T.,M.Eng

Plastik yang selama ini dipakai berasal dari minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Penekanan penggunaan minyak bumi dilakukan dengan mengganti minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan plastik dengan menggunakan bahan yang mudah didapat, berasal dari alam, dan mudah terdegradasi yaitu limbah cair tapioka. Pengolahan buangan organik seperti limbah cair tapioka yang paling efisien adalah metode aerasi lumpur aktif. Namun tingginya kadar COD dan kurangnya bakteri pembentuk PHB akan mempengaruhi hasil dari produksi PHB. Oleh karena itu, penelitian untuk mengetahui pengaruh penambahan strain *Bacillus Cereus* terhadap produksi PHB dan penurunan kadar COD pada pengolahan limbah cair tapioka Sistem *Sequancing Batch Reactor* (SBR) perlu dilakukan.

Secara garis besar, tahapan penelitian ini terdiri atas pengaturan pH dan pengolahan sistem SBR. pH limbah cair tapioka diatur pada variasi kontrol 8. Proses SBR dilakukan dengan (1) mengalirkan 16 L limbah cair tapioka selama 1 jam kedalam reaktor SBR kapasitas 50 L, (2) aerasi dan (3) pengendapan. Proses SBR pada penelitian ini sebagai penentu nilai parameter yield (Y). Pengambilan sampel untuk analisis COD dan PHB dilakukan tiap interval 2 jam selama waktu aerasi 10 jam.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan adanya penambahan strain *Bacillus Cereus* mampu menurunkan kadar COD dan menghasilkan PHB dengan nilai  $y = 76.92307692$  pada variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* 1200 ml.

**Kata Kunci: COD, PHB, Limbah Cair Tapioka, *Sequencing Batch Reactor*, Yield**

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Produksi plastik di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan konsumsi masyarakat. Berdasarkan data INAPLAS (*Indonesian Olefin Aromatic Plastic Industry Association*) kebutuhan plastik masyarakat Indonesia pada tahun 2012 tercatat 2,9 juta ton dan tahun 2013 telah meningkat menjadi 3,2 juta ton (Budi, 2013). Plastik yang tidak terurai menyebabkan penumpukan limbah plastik dalam jumlah besar yang dapat menimbulkan masalah pencemaran lingkungan yang serius (Syamsu dkk., 2008) karena plastik membutuhkan waktu bertahun-tahun untuk dapat terurai. Dampak yang terlihat nyata oleh penggunaan plastik tersebut memberikan satu solusi yang tepat untuk menangani menumpuknya limbah plastik tersebut yaitu dengan membuat material plastik dari bahan-bahan yang mudah diurai oleh mikroorganisme. (Damajanti dan Tjandra., 2010). Plastik yang selama ini dipakai berasal dari minyak bumi, gas alam, dan batu bara. Bahan dasar tersebut mulai mengalami pengurangan di alam serta tidak bisa diperbarui. Penekanan penggunaan minyak bumi dilakukan dengan mengganti minyak bumi sebagai bahan baku pembuatan plastik dengan menggunakan bahan yang mudah didapat, berasal dari alam, dan mudah terdegradasi (Phil and Stephen., 2008).

Polihidroksialkanoat (PHA) merupakan poliester yang berpotensi menggantikan penggunaan plastik dari minyak bumi. Salah satu contoh polihidroksialkanoat yang sudah diproduksi secara komersial ialah homopolimer Poli-hidroksibutirat (PHB). PHB merupakan salah satu turunan

dari PHA yang bersifat termostabil, tidak larut air, dan dapat didegradasi secara biologis (*biodegradable*) sehingga sangat berpotensi untuk menggantikan plastik konvensional (Yanti et dkk., 2010).

Metode fermentasi menggunakan kultur murni dapat menghasilkan PHB secara efisien. Penelitian yang dilakukan oleh Margono dkk (2011) dihasilkan percobaan produksi PHB dengan proses batch menggunakan substrat tapioka yaitu akumulasi PHB tertinggi mencapai 0,13 g/l dengan waktu fermentasi 29 jam. Namun, penggunaan metode kultur murni memiliki kekurangan seperti mahal dalam segi peralatan dan bahan juga diperlukan persiapan SDM yang handal untuk mengerjakan kultur murni tersebut.

*Sequencing Batch Reactor* (SBR) sebagai salah satu modifikasi lumpur aktif diharapkan mampu mengatasi kelemahan dari metode kultur murni. Diantara proses aerasi lumpur aktif SBR relatif mudah dioperasikan dan menghemat biaya sampai 60% dibandingkan dengan metode lumpur aktif konvensional (Chang *et al.*, 2000).

Sistem SBR sudah terbukti dapat menurunkan kadar COD dan menghasilkan PHB secara simultan. Seperti pada penelitian (Santoso., 2010) dalam pengolahan limbah cair tapioka dengan metode aerasi lumpur aktif selama waktu aerasi 5 jam dapat menghasilkan efisiensi penurunan COD sebesar 62%. Namun kadar COD yang dihasilkan masih belum memenuhi standar baku mutu.

Limbah cair tapioka dalam proses ekstraksi memiliki kandungan bahan organik yaitu glukosa 425-1850 mg/L dan 22614-29725 mg/L gula yang dapat dihidrolisis menjadi glukosa (Mai., 2006). Bahan organik yang ada dalam limbah dapat dimanfaatkan sebagai substrat hidup bagi mikrobia, terutama

bakteri. Glukosa merupakan substrat yang paling efisien dalam produksi PHA. Bakteri penghasil PHB juga dapat tumbuh dengan baik di dalam limbah cair tapioka. Ifandari dan Pratiwi (2014) menyebutkan bakteri penghasil PHB dapat diperoleh dari limbah cair tapioka. Sebagian bakteri anggota genus *Bacillus* sp. memiliki kemampuan amilolitik, sehingga dapat digunakan untuk produksi PHB dengan substrat pati yang merupakan substrat murah. *B. cereus* IFO 13690 adalah salah satu galur dari bakteri *Bacillus* sp. yang bersifat amilolitik dan memiliki kemampuan mensintesis PHB. Faktor lain yang berpengaruh pada biaya produksi adalah produktivitas proses produksi PHB.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh penambahan strain *Bacillus Cereus* terhadap laju penurunan kadar COD dan produksi PHB pada pengolahan limbah cair tapioka sistem SBR ?
2. Bagaimana pengaruh waktu aerasi terhadap penurunan kadar COD dan produksi PHB yang dihasilkan oleh pengolahan limbah cair tapioka sistem SBR ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh penambahan strain *Bacillus Cereus* terhadap penurunan kadar COD dan produksi PHB pada pengolahan limbah cair tapioka sistem SBR.
2. Mengetahui pengaruh waktu aerasi terhadap produksi PHB yang dihasilkan oleh pengolahan limbah cair tapioka sistem SBR.

#### **1.4 Manfaat Penelitian .**

1. Bagi Peneliti

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi peneliti dan peneliti yang lain untuk menambah wacana pengetahuan dalam pengembangan teknologi pengolahan limbah cair tapioka dan produksi PHB.

2. Bagi pemerintah

Penelitian ini diharapkan membantu pemerintah dalam mengurangi pencemaran limbah cair tapioka.

3. Bagi Industri

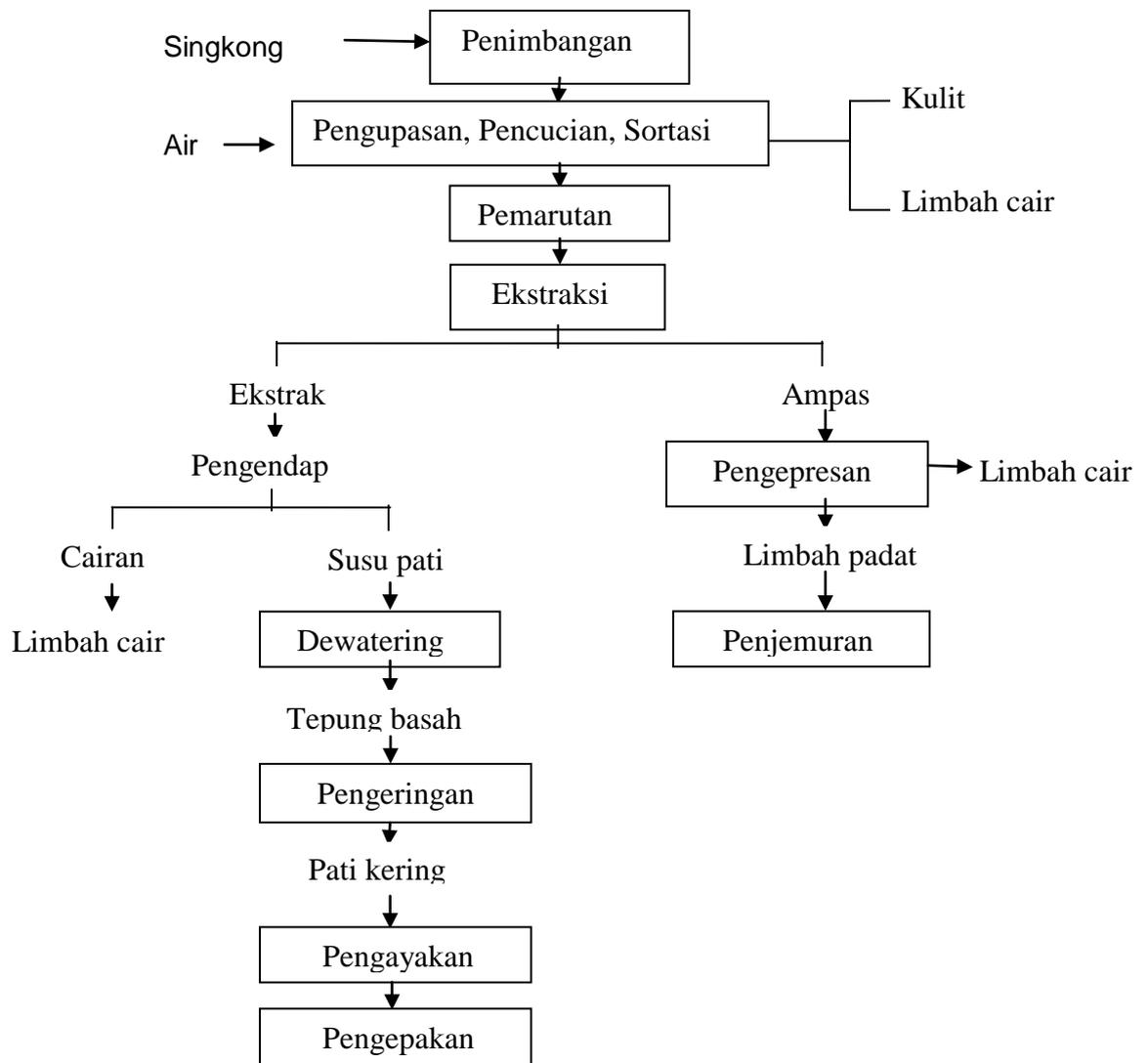
Penelitian ini diharapkan bisa dapat membantu perindustrian dalam memanfaatkan limbah cair tapioka menjadi produk yang bernilai ekonomis.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Limbah Cair Tapioka

Dalam produksi pembuatan tepung tapioka ada beberapa tahap proses pengolahannya yang meliputi proses pencucian bahan baku, ekstraksi, pengeringan, sampai pengepakan tepung tapioka.



**Gambar 1.** Diagram alir proses pengolahan tepung tapioka (Romadianti, 2005).

Limbah cair tapioka merupakan limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan, baik dari pencucian bahan baku sampai pada proses pemisahan pati dari airnya atau proses pengendapan. Industri tapioka merupakan salah satu industri yang menghasilkan limbah padat dan cair dalam jumlah melimpah yang cukup bermasalah dalam pengelolaan limbah (padat dan cair). Hasil limbah dari pengolahan tepung tapioka sebesar 75%, limbah ini berupa padat dan cair. (Sumiyati, 2009).

Tabel 2.1. Karakteristik limbah cair tapioca dan standar baku mutu air limbah tapioka

Debit Limbah Maksimum Sebesar 30 m <sup>3</sup> per ton Tapioka			
Parameter	Kualitas limbah cair tapioka (*)	Kadar Paling Tinggi (mg/L) (**)	Beban Pencemaran Paling Tinggi (kg/ton) (**)
BOD <sub>5</sub>	2.000-5.000	150	4,5
COD	4.000-30.000	300	9
TSS	1.500-5.000	100	3
Sianida (CN <sup>-</sup> )	0-15	0,3	0,009
pH	4,5-5,6	6,00 – 9,00	

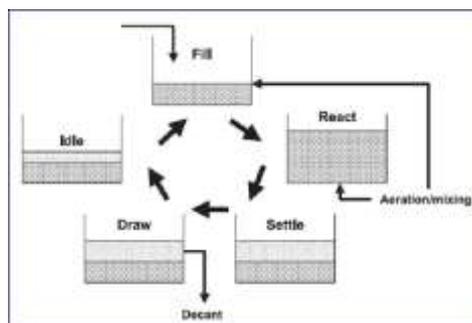
Sumber : Santoso, 2010 (\*) dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 Tahun 2012 (\*\*)

Namun, kandungan bahan organik yang tinggi pada limbah cair tapioka dapat dimanfaatkan sebagai sumber karbon (asetat) untuk bakteri penghasil PHB. Seperti pada penelitian Soeprijanto dan Danawati (2008) menunjukkan bahwa terbentuknya senyawa PHB dipengaruhi adanya sumber

karbon (asetat). Kadar glukosa yang terkandung di dalam limbah cair tapioka dapat digunakan sebagai substrat untuk produksi PHB.

## 2.2 Sequencing Batch Reactor (SBR)

*Sequencing batch reactor (SBR)* sebagai salah satu modifikasi sistem lumpur aktif diharapkan mampu mengatasi kelemahan sistem lumpur aktif konvensional, sehingga PHA dapat terakumulasi semaksimal mungkin. Satuan proses dalam sistem *SBR* identik dengan satuan proses dalam sistem lumpur aktif, yaitu aerasi dan sedimentasi untuk memisahkan biomassa. Pada sistem lumpur aktif, kedua proses tersebut berlangsung dalam dua tangki yang berbeda, sedangkan pada *SBR* berlangsung secara bergantian pada tangki yang sama. Keunikan lain sistem *SBR* adalah bahwa tidak diperlukan resirkulasi sludge. Salah satu cara yang telah dikembangkan di beberapa negara adalah dengan penerapan *Sequencing Batch Reactor (SBR)* yang dirancang berdasarkan beberapa fase proses yaitu pengisian (*fill*), reaksi (*react*), pengendapan (*settle*), pengurasan (*decant*), dan stabilisasi (*idle*) yang berlangsung dalam satu reaktor. (Metcalf and Eddy, 2003).



**Gambar 2.** Siklus Proses *Sequencing Batch Reactor (SBR)*

### **2.3 Polihidroksibutirat (PHB)**

Polyhydroxybutyrate (PHB) merupakan bioplastik microbial, termasuk golongan polyester yang sifatnya mirip dengan plastik konvensional. Selain itu PHB juga bersifat biokompatibel dan terbiodegradasi sempurna. Terbentuknya PHB adalah cara alami bagi bakteri untuk menyimpan karbon dan energi, bilamana pasokan nutrisi tidak seimbang. Poliester ini terbentuk ketika bakteri pertumbuhan dibatasi oleh penipisan jumlah nitrogen, fosfor atau oksigen dan masih adanya kelebihan jumlah sumber karbon (Yustinah dkk., 2016).

Polyhydroxybutyrate (PHB) diproduksi oleh berbagai bakteri yang berbeda medianya. Beberapa strain penting lainnya yang dipelajari meliputi : *Bacillus* spp, *Alcaligenes* spp, *Pseudomonas* spp, *Aeromonas hydrophila*, *Rhodopseudomonas palustris*, *Escherichia coli*, *Burkholderia sacchari* dan *Halomonas boliviensis*. Rekayasa genetika adalah alat yang efektif dalam optimasi metabolisme mikroba dalam memproduksi polimer. *Bacillus cereus* juga termasuk dalam bakteri penghasil PHB. *Bacillus cereus* mempunyai sifat racun jika dalam kategori makanan dan minuman, akan tetapi jika dimanfaatkan dalam proses pembuatan PHB akan sangat menguntungkan. *Bacillus cereus* dapat menghasilkan PHB dengan syarat mendapat suplai karbon yang cukup sebagai nutrisi dan mengalami kelebihan suplai nitrogen, maka dari itu akan sangat mudah dalam pemberian nutrisi untuk menghasilkan PHB pada jenis bakteri ini (Yustinah dkk., 2016).

### **2.4 Parameter Kinetika Optimasi Laju Degradasi COD**

Dasar penting dari desain bioreaktor merupakan parameter kinetika. *Coefficient decay* ( $k_d$ ), produksi sel tiap pemanfaatan subtract atau *yield*

*coefficient* ( $y$ ) merupakan parameter-parameter kinetika (Nasr et al., 2014).

Parameter kinetika neraca konsumsi ( $s$ ) ditentukan sebagai berikut :

$$-\frac{ds}{dt} = \frac{1}{y} \frac{dx}{dt} + m \cdot x + kx$$

Asumsi : ditinjau fase eksponensial, jadi

$k \approx 0 \rightarrow$  laju pertumbuhan substrat COD

$m \approx 0 \rightarrow$  substrat digunakan jauh lebih banyak untuk tumbuh daripada mempertahankan diri.

Persamaan neraca massa konsumsi ( $s$ ) :

$$-\frac{ds}{dt} = ks$$

$$-\frac{ds}{dt} = \frac{1}{y} \frac{dx}{dt}$$

$$-\int_{s_0}^s \frac{ds}{dt} = \frac{1}{y} \int_{x_0}^x \frac{dx}{dt}$$

Dimanipulasi sehingga didapat persamaan linier ( $y = a x$ )

$$a = \frac{1}{y}$$

$$y = \frac{1}{a}$$

Dimana  $ds/dt$  merupakan laju penurunan substrat (massa/unit volume),  $dx/dt$  adalah laju pertumbuhan mikroorganisme (massa/unit volume),  $y$  merupakan rasio jumlah massa sel yang terbentuk terhadap jumlah massa substrat yang dikonsumsi (Nugrahini dan Sulistiono, 2013).

## BAB III

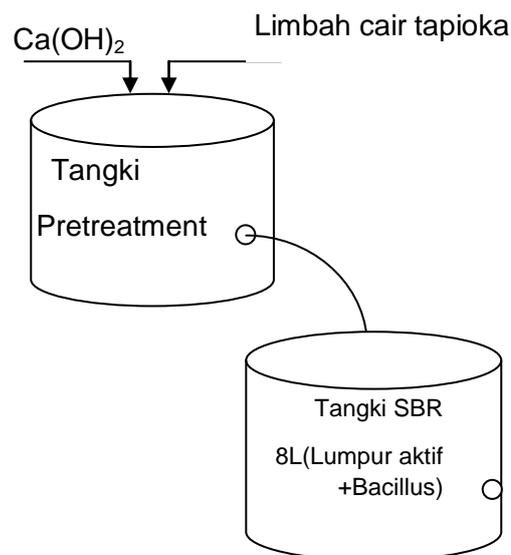
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2018 di Laboratorium Analisis Instrumen dan Laboratorium Patologi Klinik Universitas Setia Budi untuk analisis PHB , Laboratorium Proses Universitas Sebelas Maret Surakarta untuk menggunakan alat inkubator shaker dan Laboratorium Sub Kimia Universitas Sebelas Maret Surakarta untuk analisis COD.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan utama yang digunakan dalam penelitian pengolahan limbah cair tapioka berupa rangkaian sistem SBR yang terdiri dari 2 bioreaktor dengan ukuran 50 L yang dilengkapi sistem aerasi, sistem pengumpanan dan sistem pembuangan. Peralatan untuk proses pretreatment meliputi pH, buret, komperatur klor.



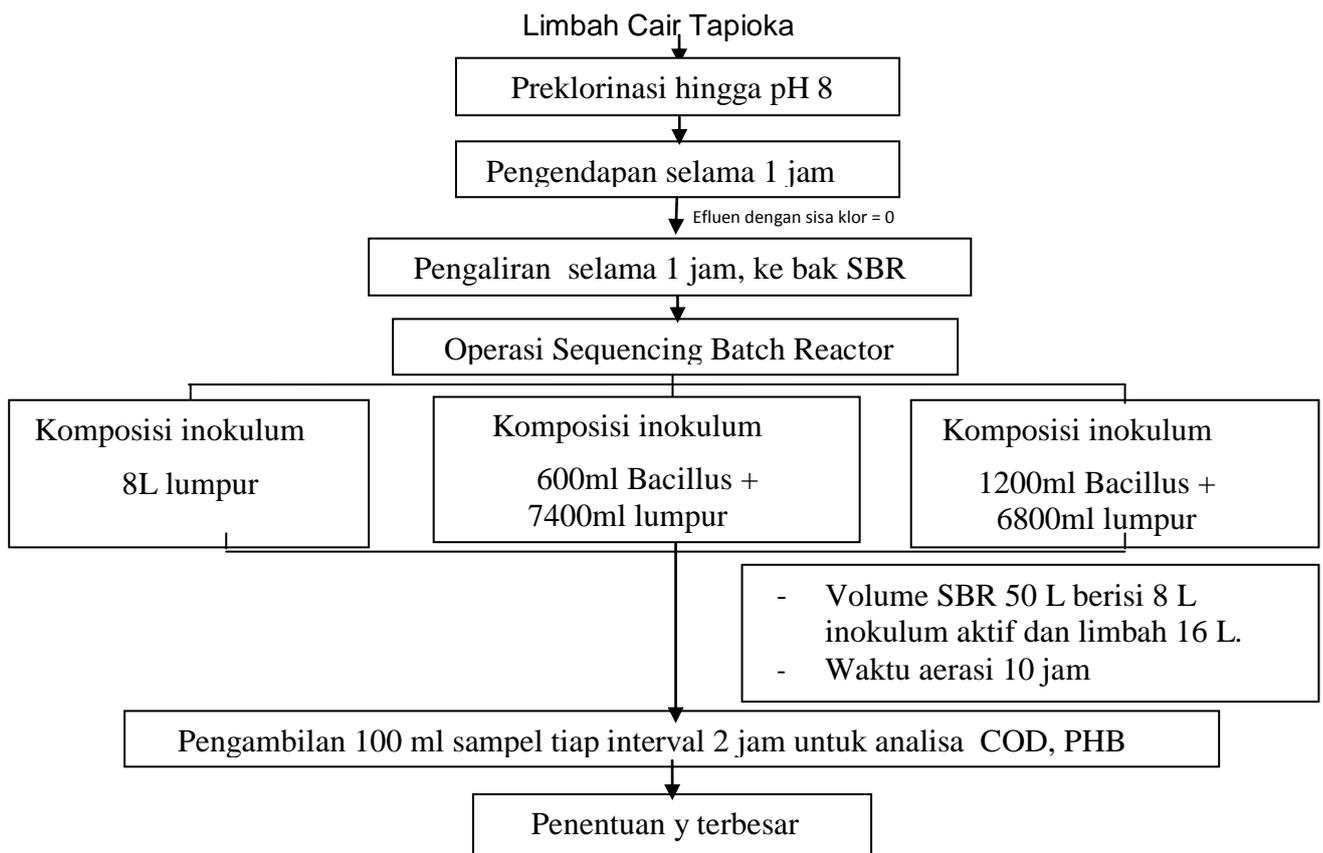
**Gambar 3.** Skema dari SBR

Sedangkan peralatan yang digunakan untuk analisis yaitu oven, pipet volume, pH meter, buret, botol COD, COD meter, *shaker*, spectrometer UV dan alat-alat gelas laboratorium lainnya.

Bahan utama yang digunakan pada proses penelitian yaitu limbah cair tapioka, lumpur aktif, kaporit, dan  $\text{Ca(OH)}_2$  teknis (pH).

Bahan untuk analisis meliputi  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , PA,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , FAS (Ferro Amonium Sulfat),  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ , buffer fosfat, sodium hipoklorit, aseton, dietil eter dan dari PT. Merck dan PHB murni yang diperoleh dari PT. Sijme Aldrich.

### 3.3 Diagram Alir Penelitian



**Gambar 4.** Penentuan pengaruh penambahan strain *Bacillus Cereus* terhadap penurunan kadar COD dan produksi PHB

### **3.4 Prosedur Penelitian**

#### **3.4.1 Pengambilan Limbah Cair Tapioka dan Lumpur Aktif**

Pengambilan sampel dalam penelitian ini dilakukan di salah satu industri tapioka yaitu di PT. Bumi Karya Tapioka, di Desa Nambangan Dusun Gadungan, Kecamatan Selogiri, Kabupaten Wonogiri, Jawa Tengah. Lumpur aktif diambil dari bak sedimentasi akhir industri tapioka ini. Pengambilan sampel dilakukan pada metode sesuai SNI 6989-59-2008.

#### **3.4.2 Preklorinasi Limbah Cair Tapioka**

Proses klorinasi dilakukan pada pH 8 dengan dosis 6 mg/L Cl<sub>2</sub> tiap 100 mL dan waktu kontak 1 jam (didiamkan) sampai sisa klor =0 (diukur dengan komparator klor) (Mulyani and Pamungkas, 2016).

#### **3.4.3 Proses Inokulasi dan Aklimatisasi Lumpur Aktif**

Proses ini dilakukan dengan cara mencampurkan B.Cereus dengan limbah cair tapioka dengan variasi:

1. Lumpur aktif 8L
2. B.Cereus 600 mL + Lumpur aktif 7200 mL
3. B.Cereus 1200 mL + Lumpur aktif 6800 mL

Mengalirkan 16L limbah cair dengan waktu alir 1 jam dalam reaktor yang telah berisi 8L Inokulan. Selanjutnya, proses aklimatisasi batch dijalankan dalam kondisi teraerasi selama 10 jam.

#### **3.4.3 Pengolahan Air Limbah dengan Proses Aerasi Lumpur Aktif Sistem Sequencing Batch Reactor (SBR)**

Limbah cair tapioka hasil preklorinasi dicampurkan kedalam lumpur aktif sebanyak 8 L yang dimasukkan ke dalam reaktor SBR kapasitas 50 L.

Selanjutnya didiamkan selama 1 jam. Pada proses ini akan terbentuk cairan dan endapan. Cairan diambil untuk analisa pH, COD dan PHB.

Perlakuan pertama pengolahan limbah cair tapioka dalam proses aerasi ini adalah limbah cair tapioka sebanyak 16 L dimasukkan ke dalam reaktor SBR kapasitas 50 L selanjutnya dialirkan ke dalam reaktor SBR yang berisikan lumpur aktif sebanyak 8 L. Waktu pengaliran yaitu 1 jam dengan waktu aerasi selama 10 jam. Pengambilan 100 ml sampel tiap interval 2 jam pada proses aerasi untuk analisis COD dan PHB.

### 3.5 Proses Analisis Data

Nilai  $y$  dapat ditentukan berdasarkan laju penurunan COD ( $ds/dt$ ) dan laju produksi PHB ( $dx/dt$ ) dengan persamaan  $-\frac{ds}{dt} = \frac{1}{y} \frac{dX}{dt}$ , dimanipulasi sehingga didapat persamaan linier ( $y = a x$ )

$$a = \frac{1}{y}; y = \frac{1}{a}$$

Dimana:

$dS/dt$  = laju konsumsi substrat

$dX/dt$  = laju pertumbuhan PHB

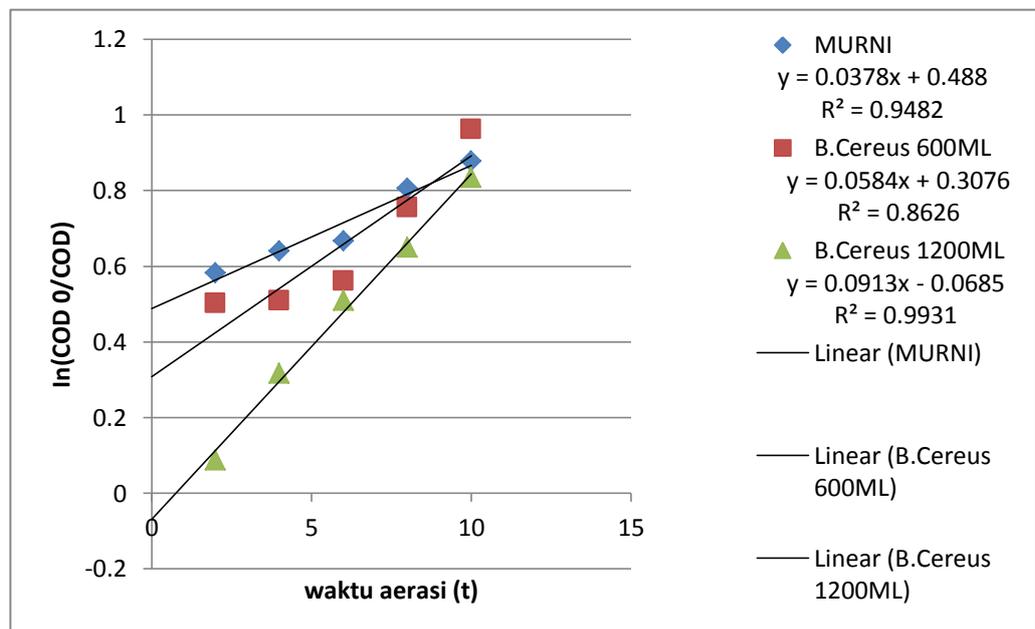
## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Proses Sequencing Batch Reactor

##### 4.1.1 Pengaruh Penambahan Strain *Bacillus Cereus* terhadap Penurunan Kadar COD pada Pengolahan Limbah Cair Tapioka Sistem SBR

Profil COD selama fase aerasi pada tiap variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* disajikan pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Pengaruh Penambahan Strain Bacillus terhadap Profil COD

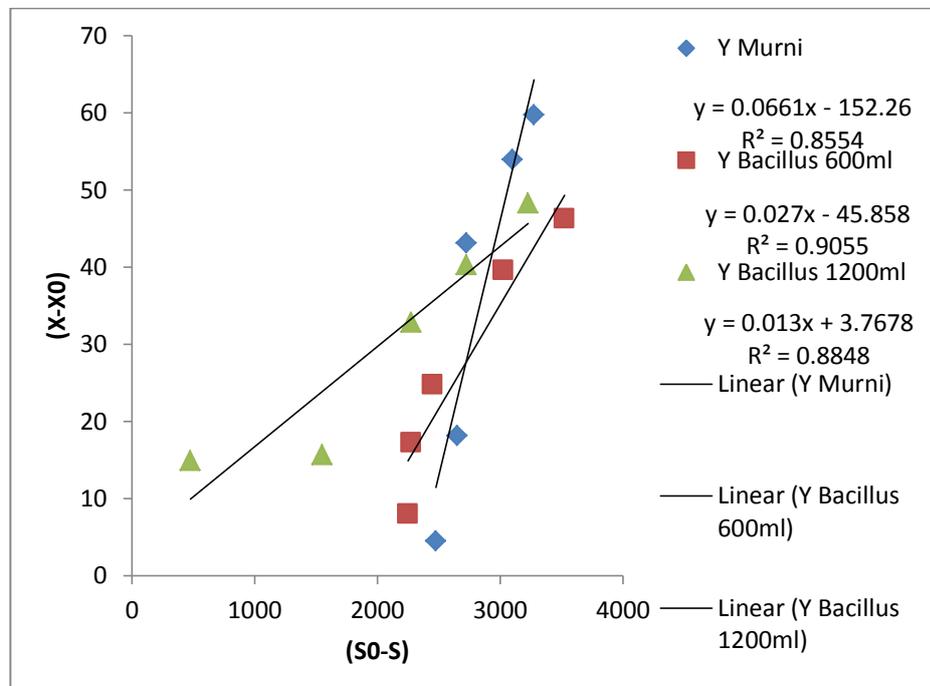
Pada gambar 5. Didapatkan nilai k terbesar yaitu pada variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* 1200ml yaitu 0.0913 yang berarti

menunjukkan bahwa penambahan strain *Bacillus Cereus* mampu menurunkan kadar COD dari limbah cair tapioka dengan cara memanfaatkan limbah cair tapioka tersebut sebagai nutrisi bagi mikroorganisme untuk berkembang. Seperti pada penelitian (Purnama, 2001) menunjukkan dengan adanya strain *Bacillus Cereus* dan seiring penambahan waktu aerasi, kadar COD efluen pun menjadi semakin rendah. Pada variasi murni dan variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* 600ml didapat nilai k masing-masing 0,0378 dan 0,0584, nilai k ini lebih kecil dibandingkan dengan nilai k pada variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* 1200ml, nilai k yang rendah di sebabkan karena mikroorganisme pembentuk PHB yang berkembang kurang maksimal. Hal ini dibuktikan pula dari penelitian yang dilakukan oleh (Hidayat, 2011) yang menyimpulkan bahwa dengan adanya isolat bakteri *Bacillus cereus* mampu menurunkan kadar COD sampai dengan 86,33 %.

#### **4.2 Penentuan Parameter Kinetika**

Parameter kinetika ditentukan berdasarkan hasil penelitian. Parameter kinetika yang ditentukan berkaitan dengan pertumbuhan biologi yaitu  $y$  (koefisien yield) massa sel terbentuk per massa substrat dikonsumsi (Nasr et al., 2014).

#### 4.2.1 Pengaruh Waktu Aerasi dan Penambah Strain *Bacillus Cereus* terhadap Yield



**Gambar 6.** Grafik Hubungan antara (S0-S) dengan (X-X0)

Pada gambar 6. Menunjukkan bahwa pada variasi dengan penambahan strain *Bacillus Cereus* 600ml dan 1200ml mampu mengakumulasi PHB dan menunjukkan adanya pengaruh peningkatan produksi PHB yang lebih besar dibandingkan dengan yang tanpa ropenambahan strain *Bacillus Cereus*. Sebagaimana dalam penelitian (Valappil dkk., 2007) bahwa *Bacillus cereus* adalah bakteri yang sangat penting dalam menghasilkan PHB yang efisien. Dan dalam penelitian (Margono dkk, 2011) menyatakan bahwa kemampuan *B.Cereus* yang ditumbuhkan dalam medium tapioka mengakumulasi PHB lebih tinggi.

Bakteri *Bacillus* mampu meningkatkan hasil produksi PHB lebih tinggi pada substrat pati, hal ini dibuktikan pada penelitian (Yanti, 2013). Maka pada variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* 1200 ml didapatkan *yield* atau y terbesar yaitu 76.92307692.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dengan adanya penambahan strain *Bacillus Cereus* mampu menurunkan kadar COD dan menghasilkan PHB dengan nilai  $y = 76.92307692$  dan nilai  $k = 0.0913$  pada variasi penambahan strain *Bacillus Cereus* 1200 ml.

Dengan waktu aerasi yang semakin lama maka menghasilkan PHB lebih besar dan kesempatan mikroorganisme untuk berkembang semakin besar.

#### 5.2 Saran

Perlu diteliti lebih lanjut mengenai faktor-faktor lain yang mempengaruhi pembentukan PHB.

## DAFTAR PUSTAKA

- Budi, Y. 2013. Penyiapan Sumber Daya di Bidang Moulding.
- Chang H.N., R.K. Moon, B.G. Park, S.J. Lim and D.W. Choi *et al.* 2000. Simultan of Sequencing Batch Reactor Operation for Simultaneous Removal of Nitrogen and Phosphorous. *Bioprocess Eng*, 23 : 513-521.
- Damajanti, N., & Tjandra S., 2010. Pengaruh Durasi Tahap Pengisian Dan Siklus Pendek Dalam Sequencing Batch Reactor (Sbr) Terhadap Pembentukan Polihidroksialkanoat (Pha). Publikasi Program Studi Teknik Kimia. Departemen Teknik Kimia. Institut Teknologi Bandung
- F. Nugrahini, P., dan Sulistiono., 2013. Penentuan Parameter Kinetika dalam Pengolahan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Menggunakan 4 Reaktor Upflow Anaerobic Sludge Blanket. Lampung. Universitas Lampung.
- Hartati, I., I. Riwayati, dan L. Kurniasari. 2009. Pembuatan Polihidroksialkanoat dari Limbah Cair Industri Terigu dalam Sequencing Batch Reactor. *Momentum*, 5(1) : 11-15.
- Ifandari. dan R. Pratiwi. 2014. Isolasi Bakteri Penghasil Poli- $\beta$ -Hidroksi Butirat (PHB) dari Limbah Cair Tapioka". *Biomedika*, 7(2):15-19.
- Mai, H.N.P. (2006). *Integrated Treatment of Tapioca Processing Industrial Wastewater*. Wageningen University: Ph.D Thesis.
- Margono., Rochmadi., S. Syamsiah., M.N. Cahyanto. 2011. Pengaruh Umpan Tambahan pada Akumulasi Polihidroksibutirat (PHB) oleh *Bacillus cereus* IFO 13690 Menggunakan Substrat Tapioka. *Agritech*, 31(2):102-108.

- Metcalf and Eddy.2003. Waste Water Engineering: Treatment and Reuse. Singapore N. Callado and E. Foresti.2001. Removal of Organic Carbon, Nitrogen and Phosporus in Sequential Batch Reactors Integrating the Aerobic/ Anaerobic Process. Journal Water Science and Technology, Vol 44, hal 263-270.
- Nasr, M., Elreedy, A., Kader, A. A., Elbarki, W., and Moustafa, M. 2014. Environmental Consideration of Dairy Wastewater Treatment Using Hybrid Sequanching Batch Reactor. Sustan. Environ Res24(6): 449-456.
- Nur Hidayat. 2011. Optimasi Degradasi Lipid dan Surfaktan Oleh Isolat Bakteri Lokal dan Aplikasinya Pada Unit Biofilter Horisontal.
- Romadianti, D. (2005). *Kualitas Air dalam Produksi Tepung Tapioka di PT. Sukoharjo Makmur Abadi Jawa Tengah* (Laporan Magang). Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Santoso, B. 2010. Proses Pengolahan Air Buangan Industri Tapioka. Jurnal Ilmiah Teknologi Dan Rekayasa 15(3): 213-220.
- Sumiyati. 2009. Kualitas Nata De Cassava Limbah Cair Tapioka dengan Penambahan Gula Pasir dan Lama Fermentasi yang Berbeda. Skripsi. Surakarta : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhamadiyah Surakarta.
- Syamsu, K., K. Setyowati., dan A. Khoiri. 2008. Pengaruh Penambahan Pemplastis (Polietilen Glikol 400, Dietilen Glikol, dan Dimetil Ftalat) terhadap Proses Biodegradasi Bioplastik Poli-BHidroksialkanoat pada Media Cair dengan Udara Terlimitasi. Jurnal Teknologi Pertanian. 4(1), 1-15.

- Phil, S., dan Stephen, W., 2008. Disposable Plastics, Consumer Disposable Agricultural Films. Michigan: Omni Tech International.
- Valappil, S.P., Misra, S.K., Boccaccini, A.R., Keshavarz, T., Bucke, C. dan Roy, I. (2007). Large scale production and efficient recovery of phb with desirable material properties, from the newly characterized *Bacillus cereus* SPV. *Journal of Biotechnology* **132**: 251-258.
- Yanti, N.A., Sembiring, L. dan Margino, S. 2010. Optimasi Produksi Poli- $\beta$ Hidroksibutirat (PHB) oleh *Bacillus* sp. PSA10. *Biota* Vol. 15 (3): 331339, Oktober, 2010.
- Yanti, N.A. 2013. Produksi Bioplastik Poli-  $\beta$ -Hidroksibutirat Oleh Bakteri Amilolitik Yang Diisolasi Dari Tepung Sagu Basah Menggunakan Berbagai Macam Substrat Pati.
- Yilmaz, M., Soran, H. & Beyatli, Y. 2005. Determination of Poly- $\beta$ -hydroxybutyrate (PHB) production by some *Bacillus* spp. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* **21** : 565-566
- Yustinah., Gozan, M., Hermansyah, H., dan Alamsyah, R. 2016. Pengaruh Jenis Sumber Nitrogen Pada Pembuatan Polyhidroxybutyrate Dari Glukosa Menggunakan Bakteri *Bacillus Cereus*. Jakarta. Universitas Muhammadiyah Jakarta.

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran 1. Analisis kadar COD

#### a. Prosedur Analisis Kadar COD

- 1) Memipet sampel sebanyak 2,5 mL, dimasukkan kedalam tabung kultur kemudian ditambahkan larutan *digestion solution* konsentrasi tinggi 1,5 mL dan larutan pereaksi asam sulfat 3.5 mL.
- 2) Menutup tabung dan dikocok perlahan sampai homogen.
- 3) Meletakkan tabung pada COD reaktor dengan suhu 150°C , dilakukan selama 2 jam.
- 4) Mendinginkan sampel perlahan-lahan hingga suhu ruang untuk mencegah terjadinya endapan.
- 5) Mengukur sampel pada panjang gelombang 600 nm.
- 6) Menghitung kadar COD berdasarkan persamaan linier kurva kalibrasi

#### b. Perhitungan dan Hasil Analisis

Nilai COD sebagai mg O<sub>2</sub>/L :

$$\text{Kadar COD (mg O}_2\text{/L)} = C \times f$$

Keterangan :

C adalah nilai COD contoh uji, dinyatakan dalam milligram per liter (mg/L);

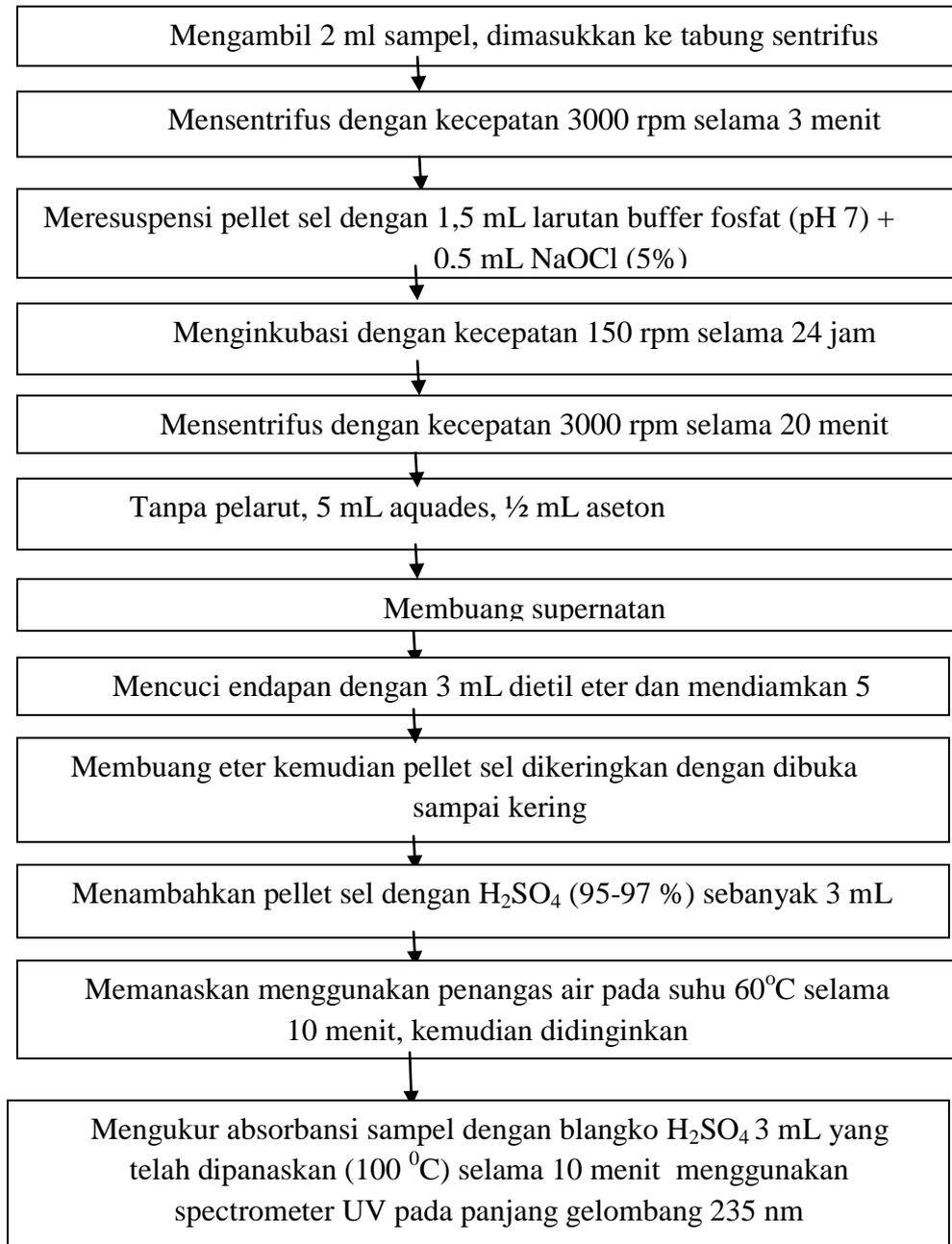
f adalah faktor pengenceran.

- a) Memasukkan hasil pembacaan sampel ke dalam regresi linier yang diperoleh dari kurva kalibrasi
- b) Nilai COD adalah hasil pembacaan kadar sampel dari kurva kalibrasi

T (jam)	Murni		Bacillus 600ml		Bacillus 1200ml	
	abs	COD	abs	COD	abs	COD
aerasi						
0	0.186	5602.5	0.19	5702.5	0.019	5702.5
2	0.087	3127.5	0.1	3452.5	0.171	5227.5
4	0.08	2952.5	0.099	3427.5	0.128	4152.5
6	0.077	2877.5	0.092	3252.5	0.099	3427.5
8	0.062	2502.5	0.069	2677.5	0.081	2977.5
10	0.055	2327.5	0.049	2177.5	0.061	2477.5

## Lampiran 2. Analisis Konsentrasi PHB

### a) Prosedur analisis PHB



b) Data Analisis konsentrasi PHB

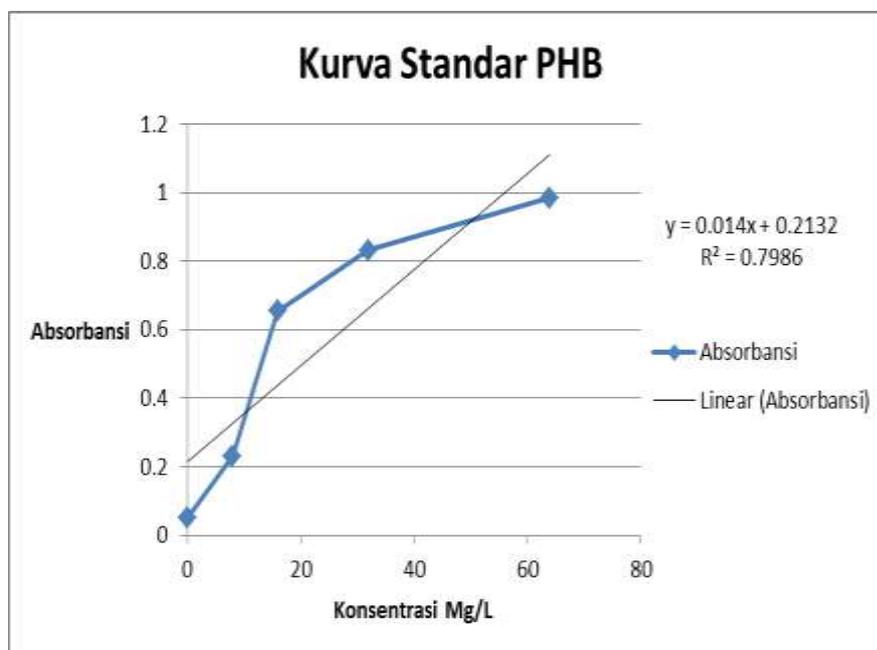
jam ke (t)	Murni		Bacillus 600ml		Bacillus 1200ml	
	Abs	konsentrasi	Abs	konsentrasi	Abs	konsentrasi
0	0.077	-9.728571429	0.257	3.128571429	0.236	1.628571429
2	0.14	-5.228571429	0.369	11.12857143	0.445	16.55714286
4	0.331	8.414285714	0.498	20.34285714	0.455	17.27142857
6	0.681	33.41428571	0.604	27.91428571	0.696	34.48571429
8	0.832	44.2	0.811	42.7	0.8	41.91428571
10	0.913	49.98571429	0.905	49.41428571	0.912	49.91428571

c) Pembuatan Kurva Standar PHB

1. Masukkan senyawa PHB murni dengan variasi konsentrasi 128 mg/L dengan memasukkan 0.0064 g dalam labu ukur yang telah berisi 50 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat.
2. Membuat variasi konsentrasi 0 mg/L, 8 mg/L, 16 mg/L, 32mg/L dan 64 mg/L dengan mengambil 0 ml, 1,5 ml, 3 ml, 6 ml dan 12 ml larutan PHB konsentrasi 128 mg/L kemudian tambahkan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat sampai volume larutan menjadi 25 ml.
3. Mendidihkan 25 ml larutan PHB masing-masing konsentrasi dalam waterbath pada suhu 60°C selama 10 menit
4. Mengukur absorbansi pada panjang gelombang 235 nm menggunakan spektrofotometer UV

d) Data analisis standar PHB

Konsentrasi PHB (mg/L)	absorbansi
0	0.05
8	0.23
16	0.654
32	0.832
64	0.985





Gambar 7. PHB Murni



Gambar 8. Proses *Digestion*



Gambar 9. Analisis Kadar COD



Gambar 10. Analisis Kadar PHB