

**KAJIAN FERMENTASI *Burkholderia sp.* DENGAN MEDIA  
MOLASE DALAM PRODUKSI POLIHIDROKSIBUTIRAT  
(PHB)**

---

**TUGAS AKHIR**

---

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana  
Program Studi Teknolgi Pangan*

**Oleh:**

**Anggun Fajrin Nur Hidayah**  
**16.30.20.001**



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PASUNDAN  
BANDUNG  
2021**

**KAJIAN FERMENTASI *Burkholderia sp.* DENGAN MEDIA  
MOLASE DALAM PRODUKSI POLIHIDROKSIBUTIRAT  
(PHB)**

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana  
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

**Anggun Fajrin Nur Hidayah**  
**16.30.20.001**

Menyetujui :

Pembimbing 1

Pembimbing 2



(Ir. Yusep Ikrawan, M.Sc., Ph.D.)

(Dr. Sri Priatni., M.Si.)

**KAJIAN FERMENTASI *Burkholderia sp.* DENGAN MEDIA  
MOLASE DALAM PRODUKSI POLIHIDROKSIBUTIRAT  
(PHB)**

*Diajukan untuk Memenuhi Syarat Sidang Sarjana  
Program Studi Teknologi Pangan*

Oleh :

**Anggun Fajrin Nur Hidayah**  
**16.30.20.001**

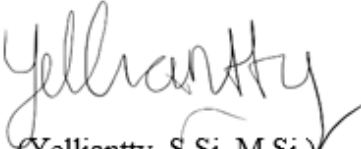
Menyetujui,

**Koordinator Tugas Akhir**

**Program Studi Teknologi Pangan**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Pasundan**

  
(Yellianty, S.Si.,M.Si.)

## ABSTRAK

Polihidroksibutirat (PHB) merupakan bahan baku plastik yang mudah didegradasi dan dapat dihasilkan oleh mikroorganisme khususnya bakteri dalam kondisi sumber karbon yang berlebih. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk memperoleh optimasi produksi dan karakterisasi PHB dari *Bulkholderia sp.* dengan menggunakan media molase. Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini yaitu untuk menambah wawasan dan memberikan informasi penulis seta masyarakat terkait optimasi produksi dan karakterisasi PHB dari *Bulkholderia sp.* dengan menggunakan media molase.

Metode penelitan yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode *Combined D-Optimal* dengan bantuan aplikasi *Software Design Expert* dalam menentukan proses optimasi kondisi proses fermentasi menggunakan molase dimana variabel berubah pada rancangan yaitu konsentrasi inokulum (2.5%, 5%, 7.5%), waktu (24 jam, 48 jam, 72 jam), suhu (27°C, 30°C), dan kecepatan agitasi (100 rpm, 125 rpm). Karakterisasi sampel PHB dari bakteri *Burkholderia sp* dengan menggunakan media molase menggunakan *Forier Transform Infra Red* (FT-IR).

Hasil penelitian menunjukkan biomassa tertinggi diperoleh pada rancangan proses ke 33 dengan berat biomassa sebanyak 0.00446 gram dan pada kondisi proses konsentrasi inokulum 7.5%, waktu 48 jam, suhu 27°C dan kecepatan agitasi 125 rpm sedangkan biomassa terendah diperoleh pada rancangan proses ke 35 dengan dengan berat biomassa sebanya 0.00140 gram dan pada kondisi proses konsentrasi inokulum 2.5%, waktu 48 jam, suhu 27°C dan kecepatan agitasi 100 rpm. Kondisi optimal terdapat pada kondisi konsentrasi inokulum 2.5%, waktu 48 jam, suhu 30°C, dan kecepatan agitasi 100 rpm. Hasil analisis FTIR antara Standar PHB dan Sampel PHB terdeteksi senyawa yaitu terdapat 7 puncak pada 2934.27  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-H, 1720.94  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C=O, 1453.32  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-H, 1379.25  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-H, 1276.00  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C=O, 1117.59  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-O, dan 1130.41  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-O sedangkan pada sampel PHB terdapat 5 puncak, yaitu pada bilangan gelombang 3464.25  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi N-H, 1633.21  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C=C, 1454.33  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-H, 1335.52  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-N, dan 1068.35  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi C-O.

**Kata Kunci** : Polihidroksibutirat, Molase, *Combined D-Optimal*, FT-IR

## **ABSTRACT**

*Polyhydroxybutyrate (PHB) is a plastic raw material that is easily degraded and can be produced by microorganisms, especially bacteria in conditions of excess carbon sources. The purpose of this study was to obtain optimization of production and characterization of PHB from *Bulkholderia sp.* using molasses media. The benefit of this research is to add insight and provide information to the authors and the public regarding the optimization of production and characterization of PHB from *Bulkholderia sp.* using molasses media.*

*The research method used in this study is the method Combined D-Optimal with the help of applications Software Design Expert in determining the optimization process of the fermentation process using molasses where the variables change in the design, namely the concentration of inoculum (2.5%, 5%, 7.5%), time (24 h, 48 h, 72 h), temperature (27°C, 30°C), and agitation speed (100 rpm, 125 rpm). Characterization of PHB samples from bacteria *Bulkholderia sp.* using molasses media using Fourier Transform Infra Red (FT-IR).*

*The results showed that the highest biomass was obtained in the 33rd process design with a biomass weight of 0.00446 grams and at process conditions of 7.5% inoculum concentration, 48 hours, temperature 27°C and agitation speed of 125 rpm while the lowest biomass was obtained in the 35th process design with The weight of the biomass was 0.00140 grams and the process conditions were 2.5% inoculum concentration, 48 hours time, 27°C temperature and 100 rpm agitation speed. Optimal conditions were found in the inoculum concentration of 2.5%, time of 48 hours, temperature of 30°C, and agitation speed of 100 rpm. The results of the FTIR analysis between PHB Standards and PHB Samples detected compounds that there were 7 peaks at 2934.27  $\text{cm}^{-1}$  which showed CH vibrations, 1720.94  $\text{cm}^{-1}$  which showed C = O vibrations, 1453.32  $\text{cm}^{-1}$  which showed CH vibrations, 1379.25  $\text{cm}^{-1}$  which indicated CH vibration, 1276.00  $\text{cm}^{-1}$  which indicates C = O vibration, 1117.59  $\text{cm}^{-1}$  which indicates CO vibration, and 1130.41  $\text{cm}^{-1}$  which indicates CO vibration while in the PHB sample there are 5 peaks, namely at wave number 3464.25  $\text{cm}^{-1}$  which shows the NH vibration, 1633.21  $\text{cm}^{-1}$  which shows the C = C vibration, 1454.33  $\text{cm}^{-1}$  which shows the CH vibration, 1335.52  $\text{cm}^{-1}$  which shows the CN vibration, and 1068.35  $\text{cm}^{-1}$  which shows the CO vibration.*

**Keywords :** *Polyhydroxybutyrate, Molasses, Combined D-Optimal, FT-IR.*

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	viii
ABSTRAK.....	ix
<i>ABSTRACT</i> .....	x
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Kerangka Pemikiran.....	4
1.6 Hipotesis Penelitian.....	7
1.7 Tempat dan Waktu Penelitian.....	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Molase.....	8
2.2 Fermentasi.....	11

2.3 Bakteri <i>Burkholderia sp</i> B37.....	12
2.4 Polihidroksibutirat.....	13
2.5 <i>Combined D-Optimal</i> .....	15
2.6 Karakterisasi Polihidroksibutirat (PHB) .....	16
2.6.1 <i>Forier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	16
III. METODE PENELITIAN .....	18
3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	18
3.1.1 Bahan.....	18
3.1.2 Alat.....	18
3.2 Metode Penelitian.....	19
3.2.3 Rancangan Perlakuan .....	22
3.2.4 Rancangan Analisis .....	26
3.2.5 Rancangan Respon .....	26
3.3 Deskripsi Percobaan.....	27
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	34
4.1 Hasil Penelitian.....	34
4.1.1 Analisis Biomassa .....	41
4.2 Hasil Optimasi.....	51
4.2.1 Verifikasi Kondisi Optimum .....	53
4.3 Hasil Karakterisasi .....	55
4.3.1 Pengujian FTIR .....	55
V. KESIMPULAN DAN SARAN .....	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65
LAMPIRAN .....	70

## I. PENDAHULUAN

Bab ini membahas mengenai : (1.1) Latar Belakang Penelitian , (1.2) Identifikasi Masalah, (1.3) Maksud dan Tujuan Penelitian, (1.4) Manfaat Penelitian, (1.5) Kerangka Pemikiran, (1.6) Hipotesis Penelitian, (1.7) Tempat dan Waktu Penelitian.

### 1.1 Latar Belakang

Plastik adalah bahan yang banyak sekali di gunakan dalam kehidupan manusia. Plastik dapat digunakan sebagai peralatan dalam kehidupan sehari-hari yang bersifat relatif kuat, ringan, dan mempunyai harga yang murah. Singkatnya, bisa dikatakan plastik menyentuh semua segi kehidupan manusia dan sebagai salah satu bahan yang paling banyak digunakan. Penggunaan plastik semakin meningkat seiring dengan perubahan gaya hidup manusia menjadi semakin konsumtif (Sari, 2014)

Produksi plastik di Indonesia mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan konsumsi masyarakat, khususnya untuk plastik kemasan. Data dari Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan (LHK) menyebutkan bahwa pada tahun 2020 total sampah di Indonesia mencapai 67,8 juta ton, artinya setiap penduduk memproduksi sekitar 0,68 kg sampah perhari. Dengan kondisi ini Indonesia tercatat sebagai negara penyumbang sampah plastik terbesar kesebelas di dunia.

Penggunaan plastik yang cukup tinggi berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan (Tokiwa *et al*, 2009), karena sulit terdegradasi sehingga terjadi penumpukan sampah plastik yang mencemari lingkungan. Jika dibakar, plastik akan



menghasilkan emisi karbon yang mencemari lingkungan (Gironi and Piemonte 2011). Maka, dibutuhkan adanya alternatif bahan plastik yang diperoleh dari bahan yang mudah di dapat dan tersedia di alam dalam jumlah besar dan murah tetapi mampu menghasilkan produk dengan kekuatan yang sama yaitu bioplastik (Martaningtias, 2004). Bioplastik adalah plastik atau polimer yang secara alamiah dapat dengan mudah terdegradasi baik melalui serangan mikroorganisme maupun oleh cuaca (kelembapan dan radiasi sinar matahari). Pemanfaatan plastik yang mudah didegradasi secara biologis (biodegradable) merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah pencemaran plastik yang hingga saat ini masih sulit teratasi. Salah satu jenis plastik terdegradasi yang telah banyak diteliti adalah Poli- $\beta$ -hidroksi butirat (PHB) (Anderson dan Dawes, 1990).

PHB dihasilkan oleh bakteri secara intraseluler yang berfungsi sebagai sumber karbon dan cadangan energi. Sumber karbon adalah substrat yang diperlukan dalam metabolisme bakteri. Sumber karbon yang dapat digunakan untuk sintesa PHB ialah glukosa, pati, molasses, asam sitrat, asam asetat, alkohol, sukrosa, dan lain-lain (Rahayu, 2007). Polihidroksialbutirat (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 al., 2010).

Pemanfaatan limbah industri pangan merupakan suatu alternatif dalam memproduksi PHB, mengingat limbah tersebut merupakan sumber karbon yang berpotensi menghasilkan kopolimer PHB. Kusmiati (2007), melaporkan bahwa molase

banyak mengandung nutrisi untuk kebutuhan bakteri, sehingga dijadikan bahan alternatif sebagai sumber karbon dalam media fermentasi. Kandungan gula dari molase terutama sukrosa berkisar 40-55% yang sesuai untuk pertumbuhan mikroba.

Hasil penelitian sebelumnya dilakukan oleh Nur Haedar, et al. (2013), diperoleh isolat dari limbah pabrik gula yang ditumbuhkan dalam substrat glukosa mampu menghasilkan PHB. Berdasarkan uraian tersebut maka dilakukan penelitian mengenai optimalisasi produksi polihidroksibutirat (PHB) dengan media molase.

## **1.2 Identifikasi Masalah**

Berdasarkan uraian dalam latar belakang permasalahan di atas, maka masalah dalam penelitian dapat diidentifikasi yaitu apakah fermentasi dengan media molase dapat mempengaruhi dalam produksi polihidroksibutirat (PHB).

## **1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian**

Maksud dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan bakteri *Burkholderia sp* B37 tumbuh dan memproduksi PHB pada media molase sebagai sumber karbon dan mengetahui karakteristik PHB yang dihasilkan.

Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan bakteri *Burkholderia sp* B37 tumbuh dan memproduksi PHB pada media molase sebagai sumber karbon dan mengetahui karakteristik PHB yang dihasilkan.

#### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian yang dilakukan ini yaitu untuk menambah wawasan dan memberikan informasi penulis serta masyarakat terkait kajian fermentasi *Bulkholderia sp.* B37 dengan menggunakan media molase.

#### **1.5 Kerangka Pemikiran**

Plastik yang digunakan saat ini merupakan polimer sintetis dari bahan baku minyak bumi yang terbatas jumlahnya dan tidak dapat diperbaharui. Maka, dibutuhkan adanya alternatif bahan plastik yang diperoleh dari bahan yang mudah didapat dan tersedia di alam dalam jumlah besar dan murah tetapi mampu menghasilkan produk dengan kekuatan yang sama yaitu bioplastik (Martaningtiyas, 2004).

Pemanfaatan plastik yang mudah didegradasi secara biologis (*biodegradable*) merupakan solusi yang tepat untuk mengatasi masalah pencemaran plastik yang hingga saat ini masih sulit teratasi. Salah satu jenis plastik terdegradasi yang telah banyak diteliti adalah Polihidroksibutirat (PHB) (Anderson dan Dawes, 1990).

Produksi PHB sebagai bahan baku pengganti plastik konvensional secara komersil dibatasi oleh harga jual yang sangat mahal. Kendala ini berasal dari biaya untuk memenuhi kebutuhan substrat dan biaya pemurnian PHB cukup tinggi. Untuk menekan biaya substrat dilakukan upaya pemanfaatan substrat menggunakan bahan mentah minyak nabati (Kusuma *et al*, 2014)

Polihidroksibutirat (PHB) termasuk bioplastik *microbial*, yaitu golongan *polyester* yang sifatnya mirip dengan plastik konvensional, juga bersifat biokompatibel

(kemampuan material untuk menyesuaikan) dan terbiodegradasi sempurna. PHB terbentuk secara alami bagi bakteri untuk menyimpan karbon dan energi, bila pasokan nutrisi tidak seimbang. *Polyester* tersebut terbentuk pada saat bakteri tumbuh dibatasi oleh penipisan jumlah nitrogen, fosfor atau oksigen dan adanya kelebihan jumlah sumber karbon. Polihidroksibutirat diakumulasikan dalam butiran intraseluler (dalam sel). Hal tersebut menguntungkan untuk bakteri sehingga menyimpan kelebihan nutrisi dalam selnya.

Sumber karbon yang terdapat pada molase menjadi substrat pertumbuhan bakteri penghasil PHB yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap kadar dan jumlah PHB yang akan dihasilkan. Hal ini ditegaskan oleh penelitian Martha Aznury *et al.* (2010) yang menggunakan sumber karbon fruktosa dan glukosa untuk melihat produksi PHB oleh *Ralstonia eutropha* melalui teknik fermentasi dengan penambahan asam lemak volatil yang berfungsi sebagai stimulator dalam produksi P(3HB-co-3HV).

Beberapa genus bakteri seperti *Bacillus amiloquefaciens*, *Alcaligenes*, *Azotobacter* memiliki kemampuan dalam mengurai pati (amilum) menjadi glukosa yang selanjutnya glukosa dapat dimetabolisme oleh bakteri tersebut menjadi bahan dasar pembuatan plastik terdegradasi seperti poli laktat, poli hidroksialkanoat dan poli hidroksibutirat (Margino, 2009).

Salah satu mikroorganisme yang dapat menghasilkan enzim amilase adalah

bakteri amilolitik. Bakteri amilolitik merupakan bakteri yang memproduksi enzim amilase dan memecah pati. *Burkholderia* sp merupakan bakteri yang dapat menghidrolisis substrat karbohidrat yang dibuktikan dengan adanya zona bening di sekitar isolat. *Burkholderia* sp optimum tumbuh pada suhu 27-28°C (Melisha *et al*, 2016).

Penggunaan inokulum yang tepat pula dapat mempercepat proses fermentasi dengan mengurangi lamanya fase lag (Grothe *et al.*, 1999; El-Sayed *et al.*, 2009), sehingga optimasi konsentrasi inokulum sangat penting dilakukan untuk mempercepat dan meningkatkan produksi PHB. Menurut Baei *et al* (2010) Konsentrasi dan jumlah inokulum optimum untuk produksi PHB berkisar antara 5– 10% dan jumlah inokulum optimum untuk produksi PHB berkisar dari 10<sup>6</sup>–10<sup>8</sup> cfu/ml (Patwardhan dan Srivastava, 2004; Vijayendra *et al.*, 2007; El-Sayed *et al.*, 2009).

Menurut Fahmia (2017), suhu merupakan salah satu faktor yang cukup penting dalam kehidupan mikroba, di samping itu suhu juga merupakan faktor abiotik yang berperan dalam keberhasilan fermentasi. Suhu selama proses fermentasi akan mengalami perubahan, yaitu dari suhu rendah menjadi lebih tinggi karena reaksi eksotermis dan kemudian mengalami kembali seperti semula setelah reaksi selesai.

Menurut Asranudin dan Putra (2014), waktu fermentasi berpengaruh terhadap biomassa yang dihasilkan, besarnya biomassa yang terbentuk terjadi karena bakteri telah mampu beradaptasi dengan waktu pertumbuhan dan nutrisi yang dimasukkan kedalam medium fermentasi. Waktu optimum produksi polihidroksibutirat berbahan

dasar minyak kelapa sawit adalah 48 jam dimana pada waktu tersebut bakteri mengalami fase stasioner (Irwandi et al, 2018).

Agitasi berpengaruh dalam menentukan kondisi optimum pertumbuhan bakteri. Penggoncangan yang dilakukan selama fermentasi menyebabkan campuran dalam medium pertumbuhan bakteri menjadi homogen sehingga nutrisi yang terdapat dalam medium dapat digunakan secara efektif dan maksimal (Djamaan, 2011).

### **1.6 Hipotesis Penelitian**

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, maka diperoleh hipotesis yaitu diduga bakteri *Burkholderia sp* B37 dapat tumbuh serta dapat mengoptimalkan dan memproduksi PHB pada media molase sebagai sumber karbon.

### **1.7 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Penelitian Bioproses dan Organik, Loka Penelitian Teknologi Bersih LIPI Jalan Cisitu-Sangkuriang, Gedung 50, Kampus LIPI, Bandung 40135. Adapun waktu penelitian dilakukan mulai dari bulan September hingga selesai.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, A.J. dan Dawes, E.A. 1990. *Occurrence, Metabolism, Metabolic Role and Industrial Uses of Bacterial Polyhydroxyalkanoates*, Microbiological Reviews.
- Cempaka, Laras. 2015. **Pengaruh Variasi Kecepatan Agitasi Pada Produksi BGlukan Dari *Saccharomyces cerevisiae***. Jurnal Biologi. 8(1): 21-26.
- Christopher. A.M., Bernard, M.M., and Susan, E.P. 1986. *Differential Scanning Calorimetry of Bacteria*. *Journal of General Microbiology* (1986). 132: 939-952.
- Demirel M, Kayan B., 2012. *Application of Response Surface Methodology and Central Composite Design for The Optimization of Textile Dye Degradation by Wet Air Oxidation*, Journal of Industrial Chemistry, 3(24) : hal. 1-10.
- Franca, A, K (2009). **Mikrobiologi Pangan**. *E-Book*. PT, Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 320-332.
- Ginting, A. Br., Sutri I, dan Jan S., 2005. **Penentuan Parameter Uji dan Ketidakpastian Pengukuran Kapasitas Panas pada *Differential Scanning Calorimeter***. J. Tek. Bhn. Vol 1(1):1-57).
- Gironi, F and V. Piemonte. 2011. *Bioplastics and Petroleum-based Plastics: Strengths and Weaknesses*. Energy Source, Part A 33: 1949–1959.
- Giwangkara S, E.G. 2006. **Aplikasi Logika Syaraf Fuzzy Pada Analisis Sidik Jari Minyak Bumi Menggunakan Spektrofotometer Infrared – Transformasi Fourier (FT-IR)**. Cepu, Jawa Tengah: Sekolah Tinggi dan Mineral.
- Grothe, E., Young, M. dan Chisti, Y. 1999. *Fermentation Optimization for the Production of Poly ( $\beta$ hydroxybutyric acid) Microbial Thermoplastic*. Enzyme and Microbial Technology, 25: 132–141.
- Hamdila, J.D. 2012. **Pengaruh Variasi Massa Terhadap Karakteristik Fungsionalitas dan Termal Komposit MgO-SiO<sub>2</sub> Berbasis Silika Sekam Padi Sebagai Katalis**, Skripsi, Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Hindrayawati, Mujiyanti. 2010. **Jenis-Jenis dan Sifat-Sifat Bambu, Silika, Ekstraksi Silika, Keramik Silika, dan Karakterisasinya**. Lampung : Universitas Lampung

- Joduamidjojo, M., A.A. Darwis, 1992. **Teknologi Fermentasi**, 24-28. Rajawali Pers. Jakarta.
- Kansiz, M., H. Billman-Jacobe, and D. McNaughton. 2000. *Quantitative determination of the biodegradable polymer poly( $\beta$ -hydroxybutyrate) in a recombinant Escherichia coli strain by use of mid-infrared spectroscopy and multivariate statistics*. Appl Environ Microbiol 66(8): 3415–3420.
- Khoiri A.A. 2007. **Pengaruh Penambahan Pemlastis Polietilen Glikol 400, Dietilen Glikol, dan Dimetil Ftalat Terhadap Proses Biodegradasi Bioplastik Poli- $\beta$ -Hidroksialkanoat pada Media Cair dengan Udara Terlimitasi**. Skripsi. Bogor : Fakultas Teknologi Pertanian IPB.
- Khaerah, A.. 2012. **Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Poly- $\beta$ -Hidroksi Butirat (PHB) dari Limbah Pabrik Gula**. Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Kim, B.S. dan Chang, H.N. 1998. *Production of Poly (3hydroxybutyrate) from Starch by Azotobacter chroococcum*. Biotechnology Letters, 20 (2): 109–112.
- Kusmiati, S.R., Tamat, E.J., dan Ria, I. 2007. **Produksi Glukan dari dua Galur Agrobacterium sp. Pada Media Mengandung Kombinasi Molase dan Urasil**. Biodiversitas. 8 (1).
- Lusi, 2011. **Cara Mengetahui Ukuran Suatu Partikel**. [http://nanotech.co.id/index.php?option=com\\_content&view=article&id=120&catid=46&Itemid=67&lang=in](http://nanotech.co.id/index.php?option=com_content&view=article&id=120&catid=46&Itemid=67&lang=in). Diakses: 21 Juli 2020
- Margino, S., E. Martani, Soesanto, A. Yuswanto dan L. Sembiring. 2000. **Isolasi dan Seleksi Bakteri Penghasil Plastik Terdegradasi, Poli- $\beta$ -Hidroksibutirat** : J. Biologi. 2 (10), 583-597.
- Martaningtias, N. dan Lukman A., 2010. **Analisis Sifat Kimia, Fisik dan Termal Gelatin dari Ekstrak Kulit Ikan Pari (*Himantura gerradi*) Melalui Variasi Jenis Larutan Asam**. Prosiding Skripsi Semester Gasal 2009/2010. Jurusan Kimia FMIPA Institut Sepuluh November. Surabaya.
- Montgomery VV. 1993. *Structure-stability Relationship in Protein : New Approaches to Stabilizing Enzymes*, Journal Enzyme Microb. Technol. 6: 50-59.
- Mikusanti., Betty, S.L.J., Rizal, S., Bambang, P., dan Gatot, T.M. 2009. *Antibacterial Activity of Temu Kunci Tuber (*Kaempferia pandurata*) Essential Oil Against Bacillus cereus*. Medical Journal of Indonesia.18(1).
- Nur Haedar, Fahrudin, Firdaus, Z., dan Nurlaela N., 2013. **Produksi Poli-  $\beta$  -Hidroksi Butirat (PHB) Pada Isolat Bakteri Dari Molasses Dan Tanah Pabrik Gula**. Publikasi Jurusan Biologi dan Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin.



- Nur Haedar, Risco, B. G., Muh. Ruslan, U., dan Ambeng, 2013. **Biologi untuk Kesejahteraan Manusia “Seleksi bakteri dari Limbah dan Tanah Pabrik Gula Arasoe, Kab. Bone sebagai penghasil Poli- $\beta$ -Hidroksi Butirat (Bioplastik)”**. Prosiding Seminar Nasional Jurusan Biologi FMIPA UNPAD. Bandung.
- Nur Haedar, Risco, B. G., Muh. Ruslan, U., dan Ambeng, 2014. *Isolation and Characterization of Bacteria from Waste Sugar Mill Arasoe, Kab. Bone As Raw Material Producing Bioplastics Degraded (Poly- $\beta$ -Hidroksi Butirat)*. Jurnal Alam dan Ilmu Lingkungan. Vol. 5 (8) Maret 2014.
- Nurmiah, S., Rizal, S., Sukarno., Rosmawaty, P., dan Budi, N. 2013. **Aplikasi *Response Surface Methodology* pada Optimalisasi Kondisi Proses Pengolahan *Alkali Treated Cottonii* (ATC)**. JPB Kelautan dan Perikanan. 8(1): 9-22.
- Rahayu, D., 2007. **Produksi Polihidroksialkanoat dari Air Limbah Industri Tapioka dengan *Sequencing Batch Reactor***. Karya Ilmiah. Universitas Padjadjaran.
- Ratnaningrum, D., V Saraswaty., S Priatni., P Lisdiyanti, A Purnomo., dan S Pudjiraharti. 2019. *Screening of Polyhydroxyalkanoates (PHA)-Producing bacteria from soil bacteria strains*. 3<sup>rd</sup> International Symposium on Green Technology for Value Chains 2018. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 277 (2019) 012003.
- Reed, G. 1986. *Enzyme Food Processing*. New York: Academic Press
- Rusli, P. R. 2011. **Pembuatan dan Karakterisasi Nanopartikel Titanium Dioksida Fasa Anatase dengan Metode Sol Gel (Skripsi)**. Universitas Negeri Medan. Medan.
- Safari, Agus., Rudi, Hartono., Shabarni, Gaffar., Muhammad, Yusuf., Saadah D, Rachman., Safri, Ishmayana. 2018. **Optimasi pH dan Agitasi Pada Produksi Glukoamilase Dari *Saccharomycopsis fibuligera R64* Menggunakan *Response Surface Method***. *Chimica et Natura Acta*. 6(1): 34-41.
- Sari, R. M., 2014. **Produksi Poli- $\beta$ -Hidroksibutirat (PHB) oleh Bakteri Amilolitik dengan Substrat Pati Suweg *Amorphophallus campanulatus***. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Sebayang, Firman. 2006. **Pengujian Stabilitas Enzim Bromelin yang Diisolasi dari Bonggol Nanas serta Imobilisasi Menggunakan Kappa Karagenan**. *Jurnal Sains Kimia*. Vol. 10. No. 1.
- Setyahadi, Siswa., Mujtahid, Imaduddin Nurrahman., dan Misri, Gozan. 2014. **Pengaruh Kecepatan Agitasi Pada Media Sintesis Untuk Produksi  $\alpha$ -Amilase Dari *Bacillus amyloliquefaciens T1***. *Journal of Agro-based Industry*. 31(1): 16-21.
- Simanjuntak, Riswan. 2009. **Studi Pembuatan Etanol dari Limbah Gula (Molase)**. Skripsi. USU: Medan.
- Steven MP. 2001. **Kimia Polimer**. Sopyan I, penerjemah; Jakarta: Erlangga. Terjemahan dari *Polymer Chemistry: An Introduction*

- Sudesh, K. and Doi, Y. 2007. *Polyhydroxyalkanoates*. In Handbook of Biodegradable Polymers. Bastioli C (ed.) RAPRA Technology Ltd. United Kingdom
- Susatyo, 2010. **Skripsi Sarjana, Jurusan Teknik Fisika**, Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya, Indonesia.
- Tekindal, M.A dkk. 2012. *Box- Behnken Experimental Design in Factorial Experiments: The Importance of Bread for Nutrition and Health*. Faculty of Medicine. Turkey: Baskent University.
- Thermo, N. 2001. *Introduction to FTIR Spectrometry*, Thermo Nicolet Inc., Madison, USA. [www.thermonicolet.com](http://www.thermonicolet.com), Diakses: 21 Juli 2020
- Tokiwa Y, Ando T, Suzuki T. 1994. *Degradation of polycaprolactone by Fungus*. Journal of Fermentation Technology. 54: 603-608.
- Trihaditia, R. 2015. **Penentuan Formulasi Optimum pada Pembuatan Minuman Fungsional Rambut Jagung dengan Penambahan Madu dan Jeruk Nipis Menggunakan Metode RSM (Response Surface Method)**. Tesis. Fakultas Teknologi Pangan Univ
- Pambi, R. L. L. dan P. Musonge. (2016). *Application of Response Surface Methodology (RSM) in The Treatment of Final Effluent from The Sugar Industry Using Chitosan*. *WIT Transactions on Ecology and The Environment*. Vol 209:209-219.
- Witono, J. A. 2003. **Produksi Furfural dan Turunannya : Alternatif Peningkatan Nilai Tambah Ampas Tebu Indonesia (Sebuah Wacana Bagi Pengembangan Industri Berbasis Limbah Pertanian)**. <http://www.kompas.com/kesehatan/news/0510/21/113325.htm>. Diakses : 1 Maret 2020.
- Yanti, N.A., Sembiring, L., dan Margino, S. 2010. **Optimasi Produksi Poliβ-Hidroksibutirat (PHB) oleh Bacillus sp. PSA10**. *Biota*. 15 (3): 331-339.
- Yuli, D., Chici A., dan Sri. I. D., 2008. **Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol**, Universitas Lampung, Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II.