



TUGAS AKHIR - TA TL184834

EKSTRAKSI KITOSAN DARI LIMBAH KULIT PREPUPA, PUPA, DAN BANGKAI IMAGO *BLACK SOLDIER FLY* (*Hermetia illucens*) UNTUK MENGHASILKAN MATERIAL ANTI BAKTERI

ABU MUSLIM ALJAUHARI
NRP. 02511540000073

Dosen Pembimbing
Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng.
Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



TUGAS AKHIR – TA TL 184834

**EKSTRAKSI KITOSAN DARI LIMBAH KULIT PREPUPA,
PUPA, DAN BANGKAI IMAGO BLACK SOLDIER FLY
(*Hermetia illucens*) UNTUK MENGHASILKAN MATERIAL
ANTI BAKTERI**

ABU MUSLIM ALJAUHARI
NRP. 0251154000073

Dosen Pembimbing
Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng.
Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020



FINAL PROJECT – TA TL 184834

**CHITOSAN EXTRACTION FROM PREPUPA, PUPA SKIN,
AND IMAGO BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*)
WASTE TO PRODUCE ANTI-BACTERIAL MATERIAL**

ABU MUSLIM ALJAUHARI
NRP. 0251154000073

Supervisors

Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng.
Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D.

MATERIAL AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2020

**EKSTRAKSI KITOSAN DARI LIMBAH KULIT
PREPUPA, PUPA, DAN BANGKAI IMAGO BLACK
SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) UNTUK
MENGHASILKAN MATERIAL ANTI BAKTERI**

TUGAS AKHIR

diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar sarjana teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekaya Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ABU MUSLIM ALJAUHARI

NRP 0251154000073

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng.....(Pembimbing 1)

2. Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D.....(Pembimbing 2)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

**EKSTRAKSI KITOSAN DARI LIMBAH KULIT
PREPUPA, PUPA, DAN BANGKAI IMAGO BLACK
SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) UNTUK
MENGHASILKAN MATERIAL ANTI BAKTERI**

Nama : Abu Muslim Aljauhari
NRP : 0251154000073
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing 1 : Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng
Dosen Pembimbing 2 : Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D

Abstrak

Melimpahnya jumlah sampah organik memberikan kontribusi terhadap dampak lingkungan, di mana salah satunya adalah penyebab penghasil gas *methane* terbesar selain penyebab berbagai macam polusi lingkungan. Salah satu cara yang berpotensi untuk menguraikan limbah organik dengan metode yang ramah lingkungan adalah dengan menggunakan BSF (Black Soldier Fly). Terlebih lagi metode tersebut sangat cocok diaplikasikan pada daerah tropis seperti Indonesia. Dalam siklus hidup BSF ini memberikan banyak peluang untuk diaplikasikan. Fase II hingga III dapat dimanfaatkan untuk pengolahan sampah organik dan berpotensi juga sebagai bahan baku pakan ternak. Pada Fasa III dan IV terjadi pergantian kulit (*shedding*) larva. BSF dewasa (Imago) memiliki fase hidup relatif singkat. Dari setiap fase-fase tersebut akan menghasilkan limbah organik yang memiliki kandungan kitin di dalamnya. Kitin ini dapat diolah menjadi kitosan sebagai hasil turunannya. Alternatif metode yang digunakan dengan menggunakan gelombang mikro yang ramah lingkungan berdasarkan variasi daya dan ukuran serbuk limbah BSF yaitu : prepupa, pupa dan imago. Yield kitosan terhadap kitin mencapai 94-100%. Berdasarkan hasil FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) menunjukkan bahwa terjadi proses deasetilasi maksimal pada daya 720 watt dan ukuran serbuk 112 μm yang menghasilkan DD (Derajat Deasetilasi) sebesar 78 –

80%. TGA/DSC memperlihatkan tahapan dekomposisi kitosan dipengaruhi temperature. Kandungan air dalam kitosan berada pada *range 0-10%*. Kandungan abu berada pada *range 40-25%*, kecuali pada imago pada *range 45-50%*. Temperatur dekomposisi tertinggi ditunjukkan oleh prepupa dan pupa pada *range 690-725°C*, sedangkan imago sekitar 340 °C. Kemampuan anti bakteri dalam membunuh bakteri 77%, 53%, dan 40% pada prepupa, pupa, imago.

Kata kunci : *Kitosan, Hermetia illucens, Prepupa, Pupa, Imago, Imago, Anti akteri, Microwave.*

CHITOSAN EXTRACTION FROM PREPUPA, PUPA, AND IMAGO BLACK SOLDIER FLY (*Hermetia illucens*) WASTE TO PRODUCE ANTI-BACTERIAL MATERIAL

Student Name : Abu Muslim Aljauhari
NRP : 0251154000073
Department : Material and Metallurgical Engineering
Supervisor : Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng
Co-Supervisor : Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D

Abstract

The abundant amount of organic waste contributes to the environmental impact, where one of them is the biggest cause of methane gas producer besides causing various kinds of environmental pollution. One potential way to decompose organic waste with environmentally friendly methods is to use BSF (Black Soldier Fly). Moreover, this method is very suitable to be applied in tropical regions like Indonesia. In this BSF life cycle it provides many opportunities to be applied. Phases II to III can be utilized for processing organic waste and potentially also as raw material for animal feed. In Phase III and IV the skin changes (shedding) of the larvae. Adult BSF (Imago) has a relatively short life phase. From each of these phases will produce organic waste that has chitin content in it. Chitin can be processed into chitosan as a result of its derivatives. Alternative methods used by using microwaves that are environmentally friendly based on variations in the power and size of BSF waste powder, namely: prepupa, pupa and imago. Chitosan yields are mostly produced from prepupa and pupae. Based on the results of FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) shows that there is a good deacetylation process at 720 watts power and 112 μm powder size indicates the process of chitin derivatives. TGA / DSC shows the stages of chitosan decomposition affected by temperature. The water content in chitosan is in the range of 0-10%. Ash content is in the range of 40-25%, except for imago in the range of 45-50%. The highest

decomposition temperature was shown by prepupa and pupae in the range of 690-725 ° C, while imago around 340 ° C. Antibacterial ability to kill bacteria in 77%, 53%, and 40% in prepupa, pupa, imago.

Keyword : *Chitosan, Hermetia illucens, Prepupa, Pupa, Imago, Antibacterial, Microwave*

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, anugerah serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul **Ekstraksi Kitosan Dari Limbah Kulit Prepupa, Pupa, Dan Bangkai Imago Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Untuk Menghasilkan Material Anti Bakteri**. Tugas Akhir ini dibuat sebagai salah satu syarat kelulusan mahasiswa di Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri dan rekayasa Sistem Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan berikut :

1. Allah SWT karena dengan rahmat dan kuasa-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.
2. Kepada Orang Tua, Bapak Munasam dan Ibu Nur Husaini serta adik dan kakak yang selalu memberi dukungan, semangat, doa, perhatian, serta kasih sayang kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Ibu Yuli Setiyorini, S.T., M.Phil., Ph.D.Eng. dan Bapak Sungging Pintowantoro, S.T., M.T., Ph.D selaku dosen pembimbing penulis di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIR – ITS.
4. Bapak Sigit Tri Wicaksono S.Si., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIR - ITS
5. Kepada Bapak Chudor Chuseini Mujianto yang telah membantu hal – hal teknis lapangan selama penelitian Tugas Akhir.

6. Teman – teman dari Departemen Teknik Material dan Metalurgi 2015 yang telah membantu baik teknis maupun non teknis.

Penulis berharap Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pihak yang membaca serta dapat dijadikan acuan penelitian selanjutnya. Penulis juga menyadari masih terdapat banyak kekurangan dalam penulisan Tugas Akhir ini, sehingga penulis sangat menerima kritik dan saran dari para pembaca yang dapat membangun demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.

Surabaya, 20 Januari 2020
Penulis

Abu Muslim Aljauhari
0251154000067

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
DAFTAR ISI	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR TABEL	xix
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>Black Soldier Fly</i> (<i>Hermetia illucens</i>)	5
2.2 Kandungan Kitin dalam <i>Hermetia illucens</i>	8
2.3 Kitosan	10
2.3.1 Metode Sintesis Kitosan	13
2.3.2 Sifat Kitosan	15
2.3.3 Aplikasi Kitosan Bidang Medis	23
2.3.4 Aplikasi Kitosan di Bidang Pangan	24
2.4 Gelombang Mikro	25
2.4.1 Pemanasan Gelombang Mikro	26
2.4.2 Perbandingan Pemanasan Metode Non Konvensional (<i>microwave</i>) dengan Metode Konvensional (<i>furnace</i>)	26
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Bahan Penelitian ..1	27
3.2 Alat Penelitian	28
3.3 Metode Penelitian	28
3.3.1 Diagram Alir Proses Ekstraksi Kitosan	28
3.3.2 Flowsheet <i>Microwave</i>	29

3.3.3	Prosedur Percobaan	30
3.4	Pengujian.....	31
3.5	Rancangan Penelitian	35
3.5.1	Jadwal Rencana Penelitian.....	36
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian	39
4.1.1	Pengamatan Visual.....	39
4.1.2	Pengamatan FTIR	41
4.1.3	Perhitungan DD.....	44
4.1.4	Pengamatan TGA/DSC	46
4.1.5	Pengamatan Anti Bakteri	48
4.2	Pembahasan.....	51
4.2.1	Pengaruh Gelombang Mikro Terhadap Material Bahan Baku (Pupa, Prepupa, Imago) pada Proses Sintesis Organik	51
4.2.2	Pengaruh Gelombang Mikro Terhadap Proses Sintesis Organik Yang Mempengaruhi <i>Properties</i> (DD, Reaksi, dan Sifat Antibakteri)..	52
4.3	Analisa Ekonomi	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	57
5.2	Saran.....	57
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN.....		69
BIODATA PENULIS.....		83

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Garis Besar Aplikasi Teknologi BSF.....	6
Gambar 2.2	Siklus Hidup BSF	7
Gambar 2.3.	Struktur Molekul Polimer Kitin.....	8
Gambar 2.4	Struktur Molekul Polimer Kitosan	11
Gambar 2.5	Perbedaan Struktur Molekul Kitosan dengan Kitin.....	12
Gambar 2.6	Flowsheet Produksi Kitin dan Protein Hidrolisat dari Limbah Kulit Udang C. Crangon	14
Gambar 2.7	Grafik Hasil Respon Jumlah Koloni Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> terhadap Kitosan	16
Gambar 2.8	Flowsheet Metode Enzimatik	17
Gambar 2.10	Penggambaran Skematik dalam Pengiriman Obat	24
Gambar 2.11	Gelombang Mikro.....	25
Gambar 3.1	Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2	Flowsheet pemanasan <i>Microwave</i> menggunakan sampel prepupa, pupa, dan imago	29
Gambar 3.3	Hasil Pengeringan kulit prepupa (a), pupa (b), dan (c) imago.....	30
Gambar 3.4	a. Mesin Crusher untuk Mencacah b. <i>Microwave</i> untuk Pemanasan Sample.....	31
Gambar 3.5	Alat Uji FTIR	32
Gambar 3.6	Alat - alat Uji Antibakteri.....	33
Gambar 3.7	Prosedur Penelitian Inokulasi Bakteri	34
Gambar 3.8	Prosedur Penelitian Inokulasi Bakteri dengan Larutan Antibakteri Kitosan.....	34
Gambar 3.9	Prosedur Penelitian Inokulasi Bakteri dengan Larutan Antibakteri Kitosan.....	35
Gambar 4.1	Hasil Sieving dengan Ukuran Partikel 560 μm : a. Prepupa b. Pupa c. Imago dan 112 μm : d. Prepupa e. Pupa f. Imago	39

Gambar 4.2	Hasil Sintesis Organik Menggunakan <i>Microwave</i> Pada 720 Watt 560 μm : a. Prepupa, b. Pupa c. Imago, 720 Watt 112 μm : d. Prepupa, e. Pupa, f. Imago, 900 Watt 560 μm : g. Prepupa, h. Pupa, i. Imago, 900 Watt 112 μm : j. Prepupa k. Pupa l. Imago.....	40
Gambar 4.3	Grafik Hasil Pengujian FTIR Kulit Prepupa, Pupa dan Imago BSF Daya 720 Watt.....	42
Gambar 4.4	Grafik Hasil Pengujian FTIR Kulit Prepupa, Pupa dan Imago BSF Daya 900 Watt.....	43
Gambar 4.5	Grafik Hasil Pengujian TGA Ukuran Partikel 112 μm	46
Gambar 4.6	Grafik Hasil Pengujian DSC Ukruan Partikel 560 μm	46
Gambar 4.7	Kontrol Bakteri : a. Gambar Visual dan b. Mikroskop Biologi Perbesaran 1000x.....	48
Gambar 4.8	Grafik Prosentasi Penurunan Jumlah Koloni Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> terhadap Kitosan	49
Gambar 4.9	Pengamatan Visual <i>Bacterial Test</i> tentang Jumlah Koloni Bakteri <i>Staphylococcus aureus</i> sebagai Respon Terhadap Hasil Kitosan dengan ukuran partikel 112 μm : a. Prepupa b. Pupa c. Imago dan 560 μm : d. Prepupa e. Pupa f. Imago	50
Gambar 4.10	Analisa Pendapatan dari Ekstraksi Kitosan.....	55

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Protein Larva, prepupal, dan dewasa (% dari berat kering) dari <i>Hermetia illucens</i> yang diberi pakan ayam dalam jumlah berbeda (60% kelembaban).	9
Tabel 2.2	Waktu dan Kandungan Proksimat dalam Prepupa BSF dengan Berbagai Jenis Substrat.....	10
Tabel 2.3	Kandungan Kitin dalam Limbah prepupa, pupa dan imago BSF	10
Tabel 2.4	Aplikasi Kitosan Berdasarkan Derajat Deasetilasi	11
Tabel 2.5	Spesifikasi Kitosan Berdasarkan Protan Laboratories.....	12
Tabel 2.6	Perbedaan 3 Metode Ekstraksi Prepupa BSF menjadi Kitin	15
Tabel 2.7	Sifat Intrinsik Kitosan	18
Tabel 2.8	Pengaruh Kitosan dan Kitin Terhadap Beberapa Material dengan Tujuan Aplikasi Tertentu	19
Tabel 2.9	Perbandingan Pemanasan Metode <i>Furnace</i> (Konvensional) dan Gelombang Metode <i>Microwave</i>	26
Tabel 3.1	Variasi Ukuran Partikel dengan Daya 720 Watt, Waktu 90 Menit dan Massa 50 gr	36
Tabel 3.2	Variasi Ukuran Partikel dengan Daya 900 Watt, Waktu 90 Menit dan Massa 50 gr	36
Tabel 3.3	Jadwal Rencana Penelitian	37
Tabel 4.1	Daerah absorbansi gugus fungsi khas kitosan.....	36
Tabel 4.2	Grafik % DD dari Spesimen Pupa, Kulit dan Imago BSF berdasarkan Perbedaan Daya 720	44
Tabel 4.3	Grafik % DD dari spesimen Prepupa, Pupa, dan Imago BSF Menggunakan Daya 900 Watt.....	47
Tabel 4.4	Prosentase kitosan yang dihasilkan dari sampel prepupa, pupa, dan imago BSF dengan berat 50 gram	52

Tabel 4.5	Yield Kitosan terhadap Kitin.....	53
Tabel 4.6	Perbandingan hasil Protan Laboratories dengan kitosan dari sampel prepupa, pupa, dan imago.....	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan jumlah penduduk dan urbanisasi menjadi tantangan tersendiri bagi pemerintah Indonesia. Hal itu disebabkan ikut tumbuhnya produksi sampah (Diener et al., 2011). Masalah pertumbuhan jumlah sampah merupakan masalah bagi negara di seluruh dunia . Sebagai negara berkembang, Indonesia ikut berkontribusi dengan memproduksi 8.190.644 ton sampah setiap hari. Sebesar 60% dari total produksi sampah Indonesia, atau 4.914.386 ton merupakan sampah organik. Dari jumlah total sampah yang diproduksi, hanya mampu didaur ulang sebesar 20,38 %, 60% hanya bisa ditimbun di TPA, bahkan 19,62% sisanya tidak terolah sama sekali (SIPSN Kementerian LHK. 2017). Bertambahnya jumlah sampah akan memberikan dampak, di mana salah satunya adalah penyebab penghasil gas *methane* selain penyebab berbagai macam polusi.

Berbagai macam cara pengolahan sampah dilakukan, salah satu cara yang berpotensi untuk menguraikan limbah organik dengan metode yang ramah lingkungan adalah menggunakan BSF (*Black Soldier Fly*) atau *Hermetia illucens* sebagai penghasil larva. Larva BSF mampu mengurai sampah organik, ketika telah mencapai masa panen dapat digunakan menjadi bahan dasar pembuatan pakan ternak (Bosch et al.2014). Produksi larva *Hermetia illucens* menjadi solusi baru dalam menghapi masalah melimpahnya jumlah sampah sekaligus mampu menurunkan harga pakan ternak (Wardhana. 2016). Dengan melimpahnya jumlah sampah organik, diperkirakan jumlah hasil produksi larva BSF di masa depan akan turut tumbuh.

Meningkatnya jumlah produksi larva BSF untuk pengolahan sampah bukan berarti tidak menghasilkan sampah baru, namun menghasilkan limbah baru yaitu limbah kulit prepupa, pupa, dan bangkai imago. Dengan 4,9 juta ton sampah organik yang

dihasilkan Indonesia tiap hari, potensi pengelolaan lebih lanjut terhadap larva BSF menarik untuk dikembangkan. Salah satu potensi pengolahan larva BSF adalah dengan mengekstrak kitosan dari kulit larva BSF (*Hermetia illucens*). Beberapa peneliti telah mendeteksi kandungan kitin dalam BSF ini. Menurut Diener et al (2009) menemukan kandungan kitin dalam fase prepupa BSF sebesar 8.72% DM, menurut Shiau and Yu, (1999) 87.0 g kg⁻¹ DM, 56-67 g kg⁻¹ DM (Spranghers, 2016), dan (Finke, 2012) 5.4% DM.

Dengan mengetahui potensi tersebut, penting untuk membuat suatu penelitian tentang metode ekstraksi kitosan dari limbah larva BSF. Dalam ekstraksi kitosan umumnya menggunakan metode konvensional yang memiliki kekurangan antara lain waktu reaksi yang lebih lama, ukuran partikel yang dihasilkan besar, kemurnian sampel rendah, dan energi yang dikeluarkan besar. (Jia dkk.2010). Penggunaan *microwave* diharapkan mampu menghasilkan kitosan dengan kemurnian tinggi, sehingga bisa diaplikasikan pada material anti bakteri.

Dalam Penelitian ini akan menggunakan metode *microwave* dengan variasi pengaruh daya, ukuran partikel dan jenis sampel. Penelitian ini melakukan ekstraksi dari sampel yang bersasal dari BSF yaitu pada pergantian kulit saat prepupa, pupa yang ditinggalkan oleh *imago* dan *imago* yang telah mati. Hasil akhir yang didapatkan dari penelitian ini kemudian akan dikarakterisasi dengan FTIR, TGA/DSC dan uji anti bakteri.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh variasi daya, dan ukuran partikel terhadap proses ekstraksi limbah prepupa, pupa, dan bangkai imago untuk menghasilkan kitosan.

1.3 Batasan Masalah

Agar diperoleh hasil yang baik tanpa menyimpang dari permasalahan yang ditinjau, maka penelitian ini memiliki batasan masalah antara lain :

1. Temperatur dan tekanan udara disekitar diabaikan.
2. Laju pemanasan (*Heat Rate*) dianggap konstan.
3. Pengaruh pancaran gelombang mikro dianggap sempurna dan merata.
4. Tekanan dari *microwave* dianggap konstan.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki tujuan umum dan spesifik

1. Tujuan umum : Untuk melakukan ekstraksi kitosan yang berasal dari limbah kulit prepupa, pupa, dan bangkai imago.
2. Tujuan spesifik : Untuk menginvestigasi pengaruh variasi daya dan ukuran partikel pada proses *microwave* terhadap karakteristik kitosan yang dihasilkan dan sifat anti bakterinya.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dengan adanya penelitian ini adalah memberikan kontribusi berupa teknologi proses material dengan metode gelombang mikro untuk pengolahan limbah prepupa, pupa, dan bangkai imago dari hasil peternakan *Black Soldier Fly* (BSF) / *Hermetia illucens*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

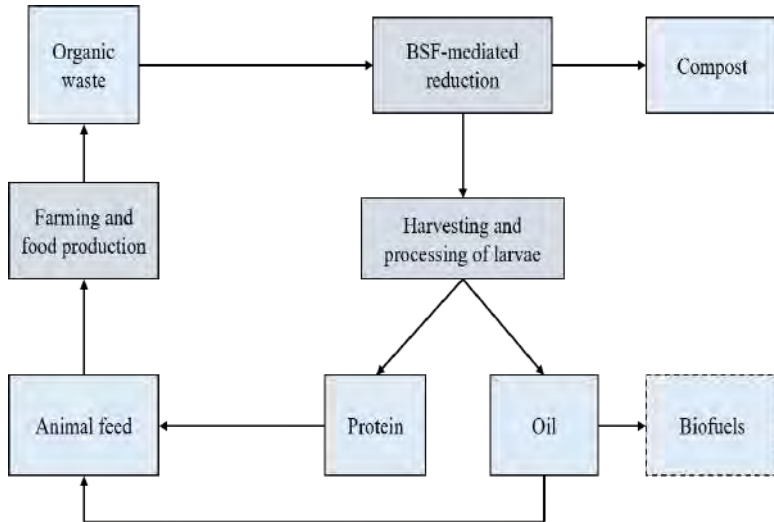
2.1. *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)*

Black Soldier Fly (BSF) merupakan spesies lalat dari ordo Diptera, famili *Stratiomyidae* dengan genus *Hermetia* (Hem, 2011). BSF berasal dari Amerika dan telah menyebar hampir di seluruh dunia antara 45° Lintang Utara dan 40° Lintang Selatan (Diener, 2010). Hem (2011) menyatakan BSF ditemukan di Indonesia, tepatnya di daerah Maluku dan Irian Jaya sebagai salah satu ekosistem alami. BSF mempunyai kemampuan dalam mengekstrak nutrisi dari sampah organik (Lardé 1990, Sheppard et al. 1994, Newton et al 2005) dengan memakan sampah seperti sisa sayuran, sisa makanan, bangkai hewan, dan kotoran lain. Manfaat lain dari BSF (*Black Soldier Fly*) antara lain sebagai suplemen pakan bagi ikan, unggas (Newton et al. 1977, Bondari & Sheppard 1981, Bodri & Cole 2007, St-Hilaire et al, 2007) dan hewan peliharaan (Bosch et al, 2014).

Potensi larva kering atau utuh sebagai suplemen pakan ternak telah ditunjukkan sejak tahun 1977 (Newton et al, 1977). Bahkan, larva telah diberi makan secara eksperimental ke beberapa spesies hewan, termasuk unggas, katak ayam gunung (*Leptodactylus fallax*), buaya Amerika (*Alligator mississippiensis*), ikan lele saluran (*Ictalurus punctatus*), nila biru (*Oreochromis aureus*), turbot juvenile (*Psetta maxima*) dan rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). (Bondari and Sheppard, 1987; Sheppard and Newton, 1994; Bodri and Cole, 2007; StHilaire et al., 2007; Dierenfeld and King, 2008; Kroeckel et al., 2012; Kenis et al., 2014). Pengolahan menggunakan BSF menghasilkan hasil sampingan lemak atau protein larva kemudian dapat digunakan sebagai suplemen biofuel (Li et al., 2011; Zheng et al., 2012).

Pengelolaan sampah dengan metode BSF memiliki prospek masa depan yang bagus karena mampu mengintegrasikan berbagai bidang sesuai Gambar 2.1 selain dampak lingkungan, yaitu dampak ekonomi karena memiliki nilai tambah (*added value*) dalam

peternakan yaitu pakan ternak, kompos untuk perkebunan, bahkan energi yaitu *biofuel*.

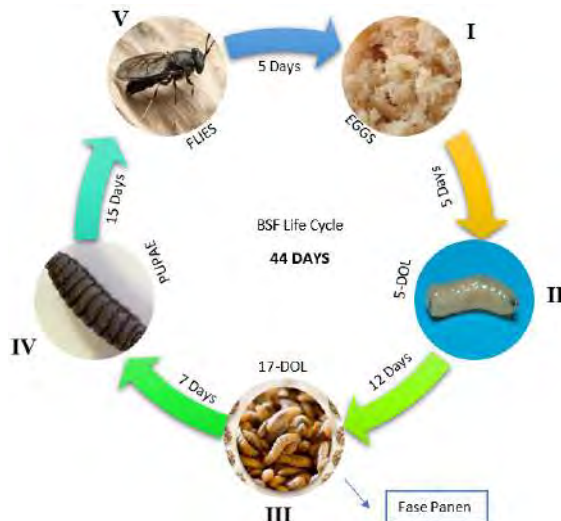


Gambar 2.1 Garis besar aplikasi teknologi BSF (Badenhorst,2017).

Hermetia illucens meskipun dalam golongan lalat, namun bukan tergolong hama, jenis lalat ini memiliki risiko penyebaran penyakit lebih rendah dibanding jenis lalat lainnya (Bullock et al., 2013). Menurut (Dortman et al, 2016) Beberapa alasan utama membuat teknologi BSF menjadi pilihan pengolahan yang menarik bagi *biowaste* dari prespektif pengelola sampah dan aspek bisnis adalah :

1. Biomassa sampah diubah menjadi larva dan residu. Larva terdiri dari $\pm 35\%$ protein dan $\pm 30\%$ lemak kasar. Protein serangga ini memiliki kualitas yang tinggi dan menjadi sumber daya makanan bagi para peternak ayam dan ikan.

2. Pemberian makan berupa sampah ke larva bertujuan untuk menghentikan penyebaran bakteri yang menyebabkan penyakit, seperti *Salmonella spp.*
3. Pengurangan berat basah sampah mencapai 80%. Jika pengolahan sampah organik dilakukan langsung di sumber sampah, maka biaya pengangkutan sampah dan kebutuhan lahan untuk tempat pembuangan akhir (TPA) dapat dikurangi.
4. Residu sisa proses pengolahan dengan BSF merupakan material yang mirip dengan kompos, mengandung nutrisi dan unsur organik, dan ketika digunakan di pertanian dapat membantu menambah nutrisi tanah.
5. Pengoperasian fasilitas ini tidak membutuhkan teknologi yang canggih. Karena itu sesuai untuk diterapkan di daerah berpendapatan rendah, yang masih mengandalkan teknologi yang sederhana dan tenaga kerja dengan keterampilan *Hermetia illucens* mengalami metamorfosis sempurna dengan mengalami tahap Telur, Larva, Pupa, dan BSF.

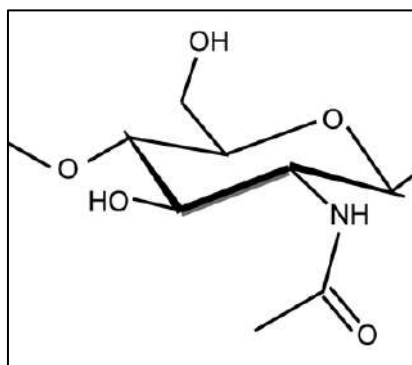


Gambar 2.2 Siklus hidup BSF (Dokumen Pribadi).

Siklus BSF seperti pada Gambar 2.2 memiliki durasi siklus hidup selama 42 hari dengan lebih kurang di interval 4 hari pada temperatur 28°C (Badenhorst, 2017). Selain temperatur, siklus hidup BSF dipengaruhi oleh asupan makanannya (Alvarez,2012).

2.2 Kandungan Kitin dalam *Hermetia illucens*

Kitin adalah homopolimer N-asetil glukosamin dengan β -(1,4) *linkage* (Sajna.2015) sesuai Gambar 2.3. Kitin merupakan biopolymer alami dengan jumlah terbesar kedua di alam setelah selulosa. Kitin ini dapat diekstraksi dari 3 sumber, yaitu hewan jenis *crustaceans*, *insects*, dan mikroorganisme. Kitin dapat ditemukan di BSF (Waško. 2016). Terdapat beberapa hasil penelitian tentang kandungan Kitin. Menurut (Caligiani. 2017) prapupa BSF mengandung 9% DM, Diener et al. (2009) menemukan kandungan kitin prapupa BSF 8.72% atau 87 g kg⁻¹ DM, Finke (2012) 75 g kg⁻¹, (Waško.2016) menemukan kandungan kitin di imago dan pupa *exuviae* berdasarkan indeks kristal masing - masing 24.9% dan 35%.



Gambar 2.3 Struktur molekul polimer Kitin (Liu.2017)

Menurut Diener et al (2010), dengan asumsi per m² menghasilkan prepupa 145 g, kandungan kitin yang terbukti dalam protein antara 28.2 sampai 42.5%, tergantung jumlah makanan yang disediakan sesuai Tabel 2.1.

Kitin memiliki manfaat salah satunya untuk perawatan kulit. Kitin yang dimodifikasi seperti kitin nanofibril dapat meningkatkan pergantian fibroblast dengan sintesis kolagen yang ditingkatkan yang dapat berimplikasi pada preparat kosmetik yang mengurangi bekas luka (Sajna.2015).

Tabel 2.1 Kandungan protein larva, prepupa, dan dewasa (% dari berat kering) dari *Hermetia illucens* yang diberi pakan ayam dalam jumlah berbeda (60% kelembaban) (Diener et al. 2010).

Berat Kering	12.5	Jumlah Pakan mg/larva/hari				
		25	50	100	200	
Larva	%	42.4	38.9	38.6	37.3	34.9
Prepupa						
Total	%	46.3	36.4	36.6	38.1	31.9
kitin terbukti	%	42.5	32.6	32.8	34.4	28.2
Adduls						
♂♂	%	52.9	48.7	51.4	49.0	47.9
♀♀	%	52.4	47.7	51.8	49.0	48.4

Menurut Spranghers (2016), kitin bersumber dari *eksoskeleton* BSF dengan kandungan yang berbeda – beda sesuai dengan substrat yang dimakan oleh larva sesuai Tabel 2.2. Bahkan menurut Fujita (2004) kandungan kitin banyak terdapat lalat dewasa, hal itu didukung oleh Lamaitre dan Miguel-Aliaga (2013). Oleh karena itu penelitian tentang bagaimana mengetahui kandungan, cara ekstraksi, dan potensi valorisasi kitin dari *exuviae* BSF sangat penting untuk dilakukan (Caruso et al. 2014).

Tabel 2.2 Waktu dan kandungan proksimat dalam prepupa BSF dengan berbagai jenis substrat (Spranghers, 2016).

Parameter	Sampah Ayam	Pakan Pencernaan	Sampah Sayur	Sampah Restoran
Waktu Perkembangan	12.3 ± 0.5	15.0 ± 0.0	15.5 ± 1.0	19.0 ± 0.8
Yield*	219.8 ± 7.8	90.8 ± 3.6	140.3 ± 4.4	154.1 ± 5.1
Kadar Air*†	613 ± 8	614 ± 29	590 ± 10	619 ± 9
Protein Kasar‡	412	422	399	431
Kitin‡	62	56	57	67
Kitin dalam protein‡	388	401	377	407
Bahan lain‡	336 (0.4)	218 (0.5)	371 (1.1)	386 (2.3)
Abu Mentah‡	100 (1.0)	197 (0.3)	96 (0.7)	27 (0.3)

*Rata - rata ± standar deviasi ($P < 0.05$).
†g kg⁻¹
‡Rata - rata (dan variasi koefisien) g kg⁻¹ DM.

Menurut (Pintowantoro.2019) berikut merupakan kandungan kitin yang terdapat pada prepupa, pupa, dan imago Black Soldier Fly (BSF).

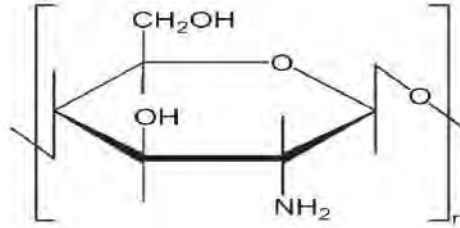
Tabel 2.3. Kandungan Kitin dalam limbah, prepupa, pupa dan imago BSF (Pintowantoro.2019).

Prepupa (%)	Pupa (%)	Imago (%)
4,82	4,68	0,72

2.3 Kitosan

Kitosan merupakan polisakarida alami yang diperoleh dari proses deasetilasi penuh atau sebagian dari kitin. Kitosan mudah terbiodegradasi, bersifat non toksik, serta tersusun dari poli β(1,4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa (Muzzarelli, 1985) sesuai Gambar 2.4. *Peak* utama kitosan adalah pada 3455 (O-H *stretch*), 2867 (C-H *stretch*), 1589 (N-H bend), 1154(C-O-O), dan 1094 cm⁻¹(C-O)

(Liu.2000). Proses deasetil kitosan digunakan untuk mengubah gugus asetil dari kitin menjaid gugus amina pada kitosan (Khan et al. 2001). Semakin banyak gugus asetil yang hilang dari biopolimer kitosan, maka semakin kuat interaksi antar ion dan ikatan hidrogem dari kitosan, sehingga dapat meningkatkan kualitas kitosan



tersebut (Tsigos et al, 1995).

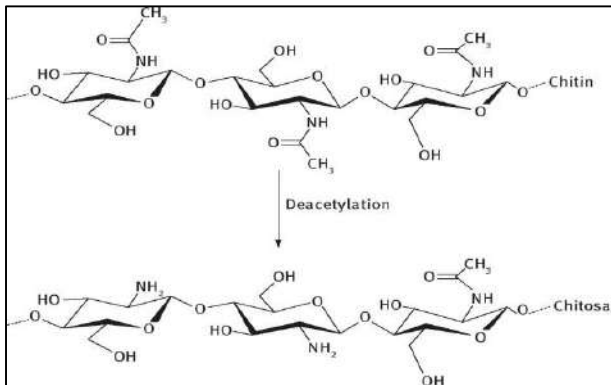
Gambar 2.4 Struktur molekul Polimer Kitosan
(Muzzarelli.1985)

Kitosan merupakan turunan kitin yang memiliki banyak aplikasi di berbagai bidang, diantaranya biomedis, bioteknologi, industri farmasi, kosmetik, dan biodegradasi (Rinaudo. 2006). Hal ini dikarenakan gugus amina pada kitosan memiliki muatan positif, sebagai pengganti gugus amida (Tokuyasu et al. 1999) yang menunjukkan bahwa kitosan tidak memiliki ikatan karbon rangkap pada oksigennya (C=O) seperti pada kitin. Aplikasi kitosan ditentukan oleh presentase derajat deasetilasinya pada Tabel 2.3.

Tabel 2.4 Aplikasi Kitosan berdasarkan Derajat Deasetilasi

Derajat Deasetilasi (%)	Aplikasi	Refrensi
58	Anti Tumor	Tokuyasu. 1999
75	Drug Delivery	Rinaudo. 2006
80	Anti Kanker	Howling.2001
85	<i>Wound-Healing Dressing</i>	Min BM. 2004
89	Proliferasi Fibroblast	Howling. 2001
90	Transfer gen, antioksidan	Ischaidar. 2014

Derajat deasetilasi merupakan besarnya presentase gugus asetil ($\text{CH}_3\text{CO}-$) pada kitin yang berhasil dikonversi menjadi gugus amina ($-\text{NH}_2$) pada kitosan (Blair et al. 2006) sesuai Gambar 2.5. Kitosan memiliki derajat deasetilasi lebih dari 50% sedangkan kitin kurang dari 50% (Synowiecki & Al Khateeb. 2003). Karakteristik kitosan berdasarkan standar kualitas Protan Laboratories dapat dilihat pada Tabel 2.4.



Gambar 2.5 Perbedaan struktur molekul Kitosan dengan Kitin (Berezina, 2016)

Tabel 2.5 Spesifikasi Kitosan berdasarkan Protan Laboratories.

Jenis Organisme	Kandungan Kitosan
Ukuran partikel	Serbuk sampai bubuk
Kadar air	$\leq 10\%$
Kadar abu	$\leq 2\%$
Warna larutan	Jernih
Derajat deasetilasi	$\geq 50\%$
Viskositas (cPs)	< 200
Rendah	< 200
Medium	200 – 799
Tinggi	800 – 2000
Sangat tinggi	> 2000

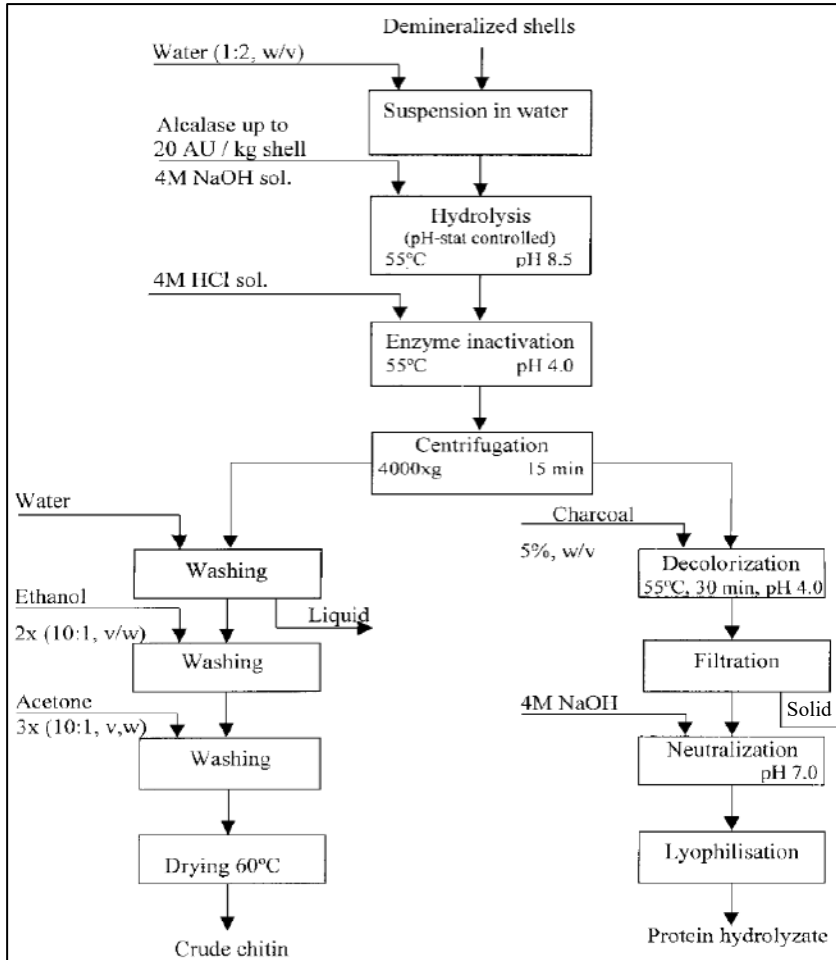
Kitosan memiliki struktur yang tidak teratur. Kitosan dapat berbentuk sebagai padatan amorf berwarna putih dengan struktur kristal tetap dari bentuk awal kitin. Biasanya, konversi kitin menjadi kitosan dilakukan secara kimiawi menggunakan basa kuat NaOH maupun KOH (40-50%) (Prameela et al. 2010) pada temperatur tinggi (Ghormade et al. 2010). Akan tetapi, metode kimiawi tersebut memiliki banyak kerugian, antara lain boros energi (Tsigos et al. 1995) tidak ramah lingkungan, dan terdegradasinya rantai kitin secara acak sehingga menurunkan kualitas kitosan yang dihasilkan (Khan. 2011).

2.3.1 Metode Sistesisis Kitosan

Peneliti telah menghasilkan beberapa metode untuk memisahkan kitin dari proksimat sebagai berikut :

1. Dompeipen dkk (2016) melakukan isolasi kitin dan kitosan dari limbah kulit udang dengan preparasi limbah kulit udang dicuci dengan air hingga bersih, kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari. Limbah kulit udang yang telah bersih dihaluskan (dicacah) untuk mendapatkan ukuran sebesar 50 mesh, selanjutnya menggunakan metode Deproteinasi, Demineralisasi, Dekolorisasi sehingga menghasilkan kitin. Untuk menjadikan kitosan menggunakan Deasetilasi. Dengan metode tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas kitin dan kitosan yang dihasilkan sudah dapat memenuhi permintaan ekspor, meskipun belum mencapai grade farmasi.
2. Synowiecki 1999 melakukan pada udang dengan metode Gambar 2.6. Kesimpulannya, deproteinasi enzimatik dari cangkang udang cocok untuk isolasi kitin yang hanya mengandung sekitar 4% pengotor protein dan juga untuk produksi protein hidrolisat dengan nilai bagus indeks asam amino esensial dan rasio efisiensi protein.
3. (Waśko. 2016) menggunakan sampel dari pupa BSF yang telah kosong dan lalat BSF, demineralisasi menggunakan 1 M HCl, dan deproteinasi menggunakan 1 M NaOH, difilter

menggunakan corong Schott, pengambilan warna menggunakan 1% KMnO_4 . KMnO_4 yang tersisa dihilangkan menggunakan 4% asam oksalat, disaring dan dikeringkan air distilasi dan dikeringkan. Hasil dari penelitian ini adalah



Gambar 2.6 Flowsheet produksi kitin dan protein hidrolisat dari limbah kulit udang *C. Crangon*. (Synowiecki.1999).

karakteristik fisikokimia kitin yang diekstraksi dari larva dan imago BSF. Kedua kitin memiliki bentuk kristal, khas dari kitin serangga. Namun, visualisasi SEM menunjukkan beberapa perbedaan dalam morfologi permukaan dari dua kitin. Fakta bahwa kitin diekstraksi dari BSF menunjukkan beberapa sifat fisikokimia baru dibandingkan dengan kitin yang lain sehingga, menggunakan *H. illucens* sebagai sumber biopolimer baru untuk aplikasi bioteknologi bisa terjadi.

4. Caligiani (2017) telah membandingkan 3 metode ekstraksi prepupa BSF (*Black Soldier Fly*) sesuai Tabel 2.5 antara lain : ekstraksi protein satu langkah, fraksinasi Osborne (Osborne.1907) , dan metode enzimatik.

Tabel 2.6 Gambaran perbedaan 3 metode ekstraksi prepupa BSF menjadi kitin.

Metode Ekstraksi protein satu langkah

- a. Lebih fokus pada produksi kitin.
- b. Memakai NaOH untuk mengikat protein.
- c. Memiliki kelebihan dalam peningkatan kapasitas.

Metode Fraksinasi Osborne (Gambar 2.7)

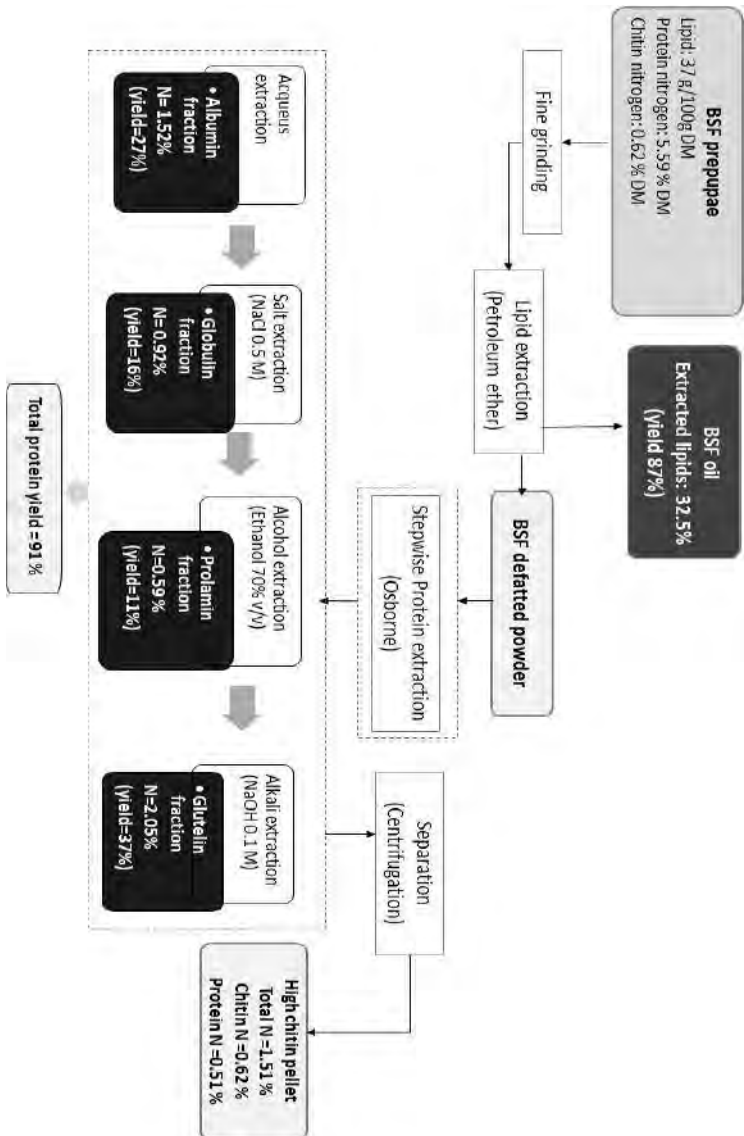
- a. Lebih fokus pada pengolahan protein.
- b. Kitin sebagai produk sampingan.
- c. Masih skala lab.

Metode Enzimatik (Gambar 2.8)

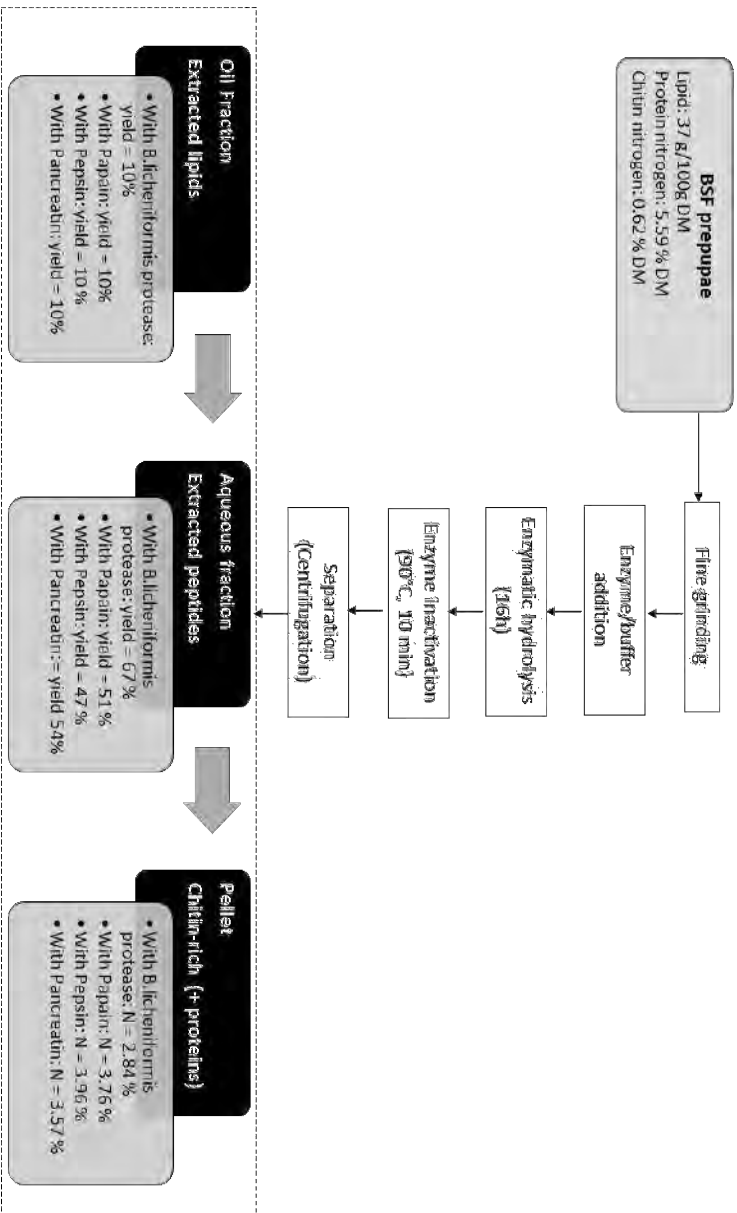
- a. Lebih berkelanjutan dan proses cepat.
 - b. Perlu penelitian lebih lanjut.
-

2.3.2 Sifat Kitosan

Untuk dapat diaplikasikan, penting untuk mengetahui beberapa sifat dari kitosan, sehingga sesuai dengan aplikasi yang diinginkan. kitosan memiliki sifat kimia maupun sifat biologi sesuai Tabel 2.6. Kitosan merupakan biopolimer yang memiliki sifat – sifat kimia yang cocok untuk aplikasi biomedik.



Gambar 2.7 Flowsheet Metode Fraksinasi Osborne.



Gambar 2.8 *Flowsheet* Metode Enzimatik.

Tabel 2.7 Sifat Intrinsik Kitosan (Rinaudo.2006).

Sifat Fisik dan Kimia	Sifat Polielektrolit (pH asam)	Sifat Biology
<ul style="list-style-type: none"> - <i>Aminopolysaccharide</i> linier dengan kandungan nitrogen tinggi. - Struktur D-glukosamin kaku; kristalinitas tinggi; hidrofilitas. - Kapasitas untuk membentuk ikatan hidrogen intermolekul; viskositas tinggi. - Basis lemah; gugus amino yang terdeprotonasi berperan sebagai nukleofil yang kuat (pKa 6.3). - Tidak larut dalam air dan pelarut organik; larut dalam larutan asam encer. - Banyak grup reaktif untuk aktivasi dan pengikatan silang kimia. - Membentuk garam dengan asam organik dan anorganik. - Pengikat ion dan sifat kompleks. - Konduktivitas ionik. 	<ul style="list-style-type: none"> - Biopolimer kationik dengan densitas muatan tinggi (satu muatan positif per residu glukosamin). - Agen flokulasi; berinteraksi dengan molekul bermuatan negatif. - Pengikat dan sifat adsorpsi; filtrasi dan pemisahan. - Kemampuan pembentukan film; daya rekat. - Bahan untuk isolasi biomolekul. 	<ul style="list-style-type: none"> Biokompatibilitas - Tidak beracun. - Dapat terurai secara hayati. - Dapat diserap Bioaktivitas. - Aktivitas antimikroba (jamur, bakteri, virus). - Sifat antiacid, antiulcer, dan antitumoral. - Antikoagulan darah. - Aktivitas hipolipidemik Bioadhesivitas.

Penambahan material kitosan dengan material lain diharapkan mampu mengubah sifat material tersebut. Kitosan memiliki sifat antioksidan, sifat hemostatik, kelarutan dan karakteristik struktural yang berubah – ubah di berbagai media (Usman. 2016), Kitosan mampu digunakan untuk menyiapkan hidrogel, film, serat atau spons. Sebagian besar aplikasi kitosan berada pada area biomedik (Rinaudo. 2006). Padal Tabel 2.7 berikut menjelaskan tentang peran kitosan, kitin maupun kitosan bersama kitin dalam mempengaruhi material lain untuk tujuan aplikasi tertentu.

Tabel 2.8 Pengaruh Kitosan dan Kitin terhadap beberapa material dengan tujuan aplikasi tertentu (Usman. 2016).

No	Nama	Aplikasi Potensial	No.	Nama	Aplikasi Potensial
1	Methotrexate (MTX) /LaF3:Tb3/chitosan nanoparticles	Berpotensi digunakan dalam aplikasi pengiriman obat yang ditargetkan dan biokonjugasi obat antikanker.	26	<i>Facile fabrication of mesoporous poly(ethylene-co-vinyl alcohol)/chitosan blend monoliths poly(3-hydroxybutyrate-co-3hydroxyvalerate)/chitin nanocrystals composite</i>	Pemurnian air limbah atau aplikasi terkait biomedis.
2	<i>waterborne PU-carboxy methyl chitin blend</i>	Farmasi, Perawatan Pribadi, Pertanian.	27	<i>Fabrication of chitin–chitosan/nano ZrO2 composite</i>	<i>Scaffolds</i> untuk rekayasa jaringan.
3	<i>Chitosan–alginate</i>	Berpotensi digunakan untuk pemberian insulin oral.	28		<i>Scaffolds</i> digunakan dalam rekayasa jaringan.

4	<i>Carboxymethyl chitosan/organic rectorite/alginate</i>	Aktivitas antimikroba untuk fibrosa dan Potensi digunakan untuk mengendalikan infeksi luka dan perdarahan medis.	29	<i>Fabrication of chitosan/nano TiO₂-c scaffolds</i>	<i>Scaffolds</i> digunakan dalam rekayasa jaringan.
5	<i>Chitin-PU</i>	Biomedis, <i>self-repairing</i> , material luar angkasa.	30	<i>GRGDSPC-modified poly(lactide-co-glycolide acid)-protein-loaded chitosan microspheres</i>	<i>Scaffolds</i> fungsi ganda potensial untuk rekayasa jaringan tulang.
6	<i>PU-chitosan</i>	Digunakan untuk menyediakan bahan antikoagulatif.	31	<i>acrylonitrile/silver nanocomposite</i>	Berguna untuk menyediakan bahan antimikroba.
7	<i>chitosan/PVA hydrogel nanofiber</i>	Aplikasi potensial dalam penyembuhan luka.	32	<i>Composite films of poly(vinyl alcohol)-chitosan-bacterialcellulose</i>	Untuk pelepasan obat yang dikendalikan .
8	<i>PEG-O-chitosan nanoparticless</i>	Aplikasi potensial untuk pengiriman obat. Pelepasan obat dari nanopartikel kitosan pegilasi jauh lebih lambat daripada kitosan.	33	<i>synthesis of chitosan-g-poly(acrylamide)/ZnS nanocomposite</i>	Untuk pemberian obat terkontrol dengan aktivitas antimikroba.
9	<i>PU-chitin/1,4-butane diol blends</i>	Elastomer yang dapat terurai secara hayati dengan hidrofobisitas <i>tunable</i> .	34	<i>N-quaternized chitosan/poly(vinyl alcohol) hydrogels</i>	Aktivitas antimikroba untuk penyerapan bakteri,

					jamur dan ion logam.
10	<i>PU elastomers based on chitosan and poly(ϵ-caprolactone)</i>	Penggunaan biomedis & industri.	35	<i>poly(glycolic acid) grafted chitosan</i>	Berlaku untuk bidang biomedis.
11	<i>Chitin-PU</i>	Untuk membentuk memori PU.	36	<i>Gamma irradiated chitosan/poly(vinyl alcohol) blends</i>	Digunakan sebagai reagen antimikroba yang kuat.
12	<i>Chitin-PU Bionanocomposites</i>	Formulasi Bionanokomposit.	37	<i>alginate, chitosan and cellulose nanocrystals</i>	Untuk aplikasi medis dan farmasi.
13	<i>PU Nanoparticle s coated with Adsorbed chitosan</i>	Biomaterial Kardiovaskular.	38	<i>squid pen chitosan/hydroxyapatite/b-tricalcium phosphate composite</i>	<i>Scaffolds</i> untuk rekayasa jaringan tulang.
14	<i>Chitin-PU blends (thesis)</i>	Untuk bidang aplikasi biomedis.	39	<i>Electrospinning of carboxymethyl chitin/poly(vinyl alcohol) nanofibrous</i>	<i>Scaffolds</i> untuk aplikasi rekayasa jaringan.
15	<i>Novel β-chitin/nanosilver composite Biomimetic LBL</i>	<i>Scaffolds</i> untuk pembalut luka.	40	<i>N-hexoyl chitosan derivatives</i>	Untuk bidang farmasi.
16	<i>structured nanofibrous matrices assembled</i>	Terutama digunakan untuk penyembuhan luka dan sifat fungsional kulit yang terluka.	41	<i>poly(L-glutamic acid)/chitosan microcapsules</i>	Untuk aplikasi pengiriman obat.

	<i>by chitosan/ collagen</i>				
17	<i>Chitin-PU</i>	Untuk biodegradabilitas.	42	<i>Chitosan/cellose micro crystals (CMC)</i>	Berguna sebagai film antimikroba
18	<i>Chitin whisker-waterborne PU nanocomposite</i>	Berguna dalam pembentukan bionano komposit.	43	<i>chitosan/poly(ε-caprolactone)</i>	Untuk rekayasa jaringan kulit.
19	<i>Folate-PEG coated cationic modified chitosan – Cholesterol liposomes Chitin/poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) hydrogel</i>	Untuk sistem pengiriman obat yang ditargetkan.	44	<i>carboxyethyl chitosan/poly(vinyl alcohol)/silk fibroin nanoparticles</i>	Matriks elektro berputar digunakan sebagai luka.
20	<i>Chitin/poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) hydrogel</i>	Rekayasa jaringan kulit.	45	<i>Chitin butyrate/poly(ε-caprolactone) blends</i>	Aplikasi rekayasa jaringan.
21	<i>Glycol chitin as thermogelling polymer</i>	Biomaterial pembentuk gel termo untuk pengiriman obat dan teknik jaringan injeksi.	46	<i>Chitosan/hyaluronan hydrogels</i>	Untuk aplikasi rekayasa jaringan lunak.
22	<i>Chitin-poly(ε-caprolactone) composite</i>	Biomedis digunakan untuk pengiriman obat.	47	<i>Acetylsalicylic acid-acylated chitosan</i>	Untuk pelepasan obat yang dikendalikan
23	<i>Chitosan/alginate nanolayered PET film</i>	Multilayer film, pelapis peralatan biomedis atau pelapis multilayer.	48	<i>N-halamine /chitin nanofiber</i>	Untuk aktivitas antibakteri dan anti jamur.

A. Antimikrobia

Salah satu aplikasi Kitosan adalah *Scaffolds* sebagai rekayasa jaringan tulang, mengendalikan infeksi luka dan perdarahan medis. Untuk dapat diaplikasikan terhadap hal tersebut. Kitosan harus memiliki sifat antimikrobia yaitu terhadap berbagai kelompok mikroorganisme, seperti bakteri, ragi, dan jamur. (Helander.2001). Sebuah penelitian telah membuktikan sifat antimikrobia dari Kitosan terhadap Bakteri E. Coli (Liu.2000) Dengan menggunakan mekanisme penghambatan RNA dan sintesis protein dengan permeasi ke dalam inti sel. Liu et al. telah mengamati oligomer kitosan berada di dalam sel E. Coli. Kitosan menunjukkan aktivitas antibakteri yang baik dengan memblokir aktivitas DNA untuk menghambat pertumbuhan bakteri.

2.3.3 Aplikasi Kitosan Bidang Medis

A. Efek Antibakteri pada Patogen Gigi

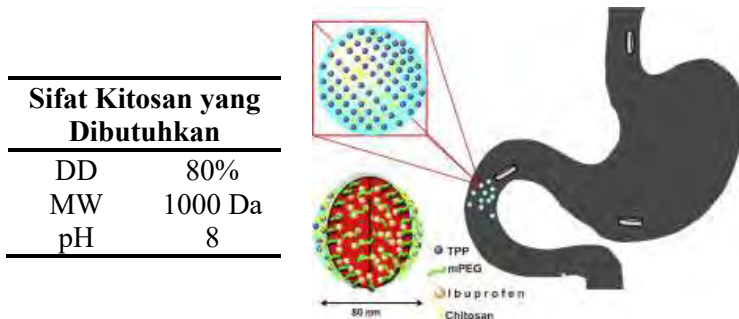
Chen (2012) melakukan penelitian efek antibakteri dari kitosan terhadap patogen gigi, yaitu *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli brevis*. Kitosan digunakan sebagai bahan tambahan sehingga menjadi turunan kitosan glukosamin. Penelitian ini menggunakan kitosan tipe α dengan DD 80% MW 12.000 – 14.000 serta menggunakan parameter pH, temperatur dan waktu. Temperatur optimal untuk aktivitas antibakteri kitosan yang larut dalam air terhadap bakteri oral *Streptococcus mutans* adalah 37 ° C. Hal itu dikarenakan aktivitas antibakteri mencapai 96.2%. Sebesar 99,99% *S. Mutans* telah teratasi ketika waktu percobaan di atas 10 detik, dan telah mencapai 91 % meskipun di pH 7. Dengan menggunakan metode in vitro dan in vivo, singkatnya, jelas menunjukkan bahwa kitosan yang larut dalam air menjanjikan sebagai agen antibakteri untuk obat kumur. Temuan ini penting, meskipun ada sedikit zat dalam kitosan yang larut dalam air.

B. Drug Delivery Systems

Salah satu aplikasi dari kitosan di industri adalah pengembangan sistem penghantaran obat seperti nanopartikel,

hidrogel, mikrosfer, film dan tablet. Hal itu terbukti dengan kitosan-alginat, campuran keduanya menunjukkan sifat pelepasan obat yang sangat baik (Acosta.2003). Tiga karakteristik utama kitosan yang harus dipertimbangkan adalah: Masa molekul (MW), tingkat dasetilasi (DD), dan pH netral. (Gupta.2006) mempelajari pengaruh tingkat deasetilasi dan hubungan silang pada karakteristik fisik. Semakin tinggi DD, semakin tinggi jumlah kelompok amino bebas dan membuat tingkat ikatan *cross-link* kovalen meningkat (Draget. 1996).

Jika syarat itu terpenuhi meningkatkan kekompakan matriks dan hidrofobitasnya, sehingga mampu mengontrol tingkat pembengkakan dan difusivitas obat yang terperangkap dalam matriks kitosan. (Najafabadi.2014) sesuai Gambar 2.10 menambahkan kitosan dalam aplikasi sintesis dan evaluasi nanopartikel PEG-O-kitosan pengiriman obat yang tidak larut dalam air seperti *ibuprofen*.



Gambar 2.10 Penggambaran skematik dalam pengiriman obat. (Najafabadi.2014).

2.3.4 Aplikasi Kitosan Bidang Pangan

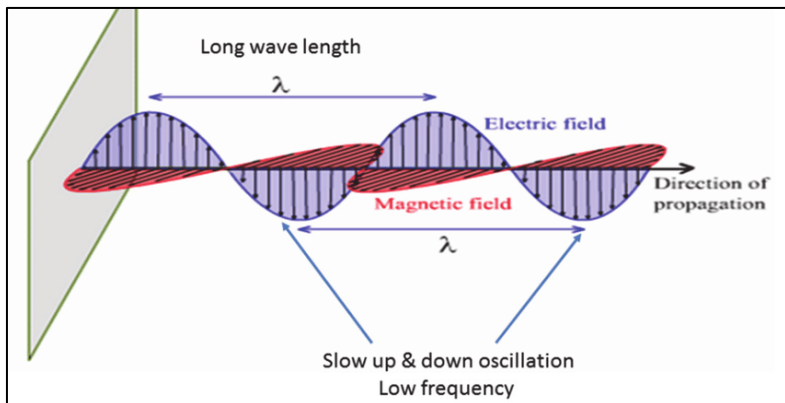
A. Pengawet makanan

Oh Il Hoon (2001) menguji efek antimikrobia dari kitosan terhadap mikroorganisme pembusuk makanan, untuk menilai potensi menggunakan kitosan sebagai pengawet makanan alami. Penelitian ini menggunakan tiga mikroorganisme yang merusak

yaitu mayones yaitu *Lactobacillus fructivorans*, *Lactobacillus plantarum*, *Zygosaccharomyces bailii*, dan mikroba tahu yaitu *Serratia liquefaciens*. Pada pengawetan makanan, bahwa kitosan dapat digunakan sebagai pengawet makanan untuk menghambat pertumbuhan mikroorganisme pembusuk di *mayonnaise* dan tahu. Hasil penelitian menyebutkan bahwa Kitosan dengan MW 12.000 dan DD 87% paling efektif untuk menghadapi *L. Fructivorans* tapi untuk *L. Plantarum* paling efektif dihadapi oleh kitosan 32.500 dan DD 80%.

2.4 Gelombang Mikro

Gelombang mikro merupakan energi elektromagnetik yang memiliki medan listrik dan medan magnetik yang saling terkait seperti pada Gambar 2.11. Gelombang mikro memiliki frekuensi antara 300 MHz sampai 300 GHz yang terbagi dalam 3 kelompok yaitu Ultra High Frequency (UHF: 300 MHz – 3 GHz), Super High Frequency (SHF: 3 GHz – 30 GHz) dan Extremely High Frequency (EHF: 30 GHz – 300 GHz) serta mempunyai panjang gelombang antara 1 sampai 300 mm (Pickles.2009). Frekuensi yang sering digunakan pada *microwave* rumahan adalah 2450 MHz.



Gambar 2.11 Gelombang mikro (Pickles.2009).

2.4.1. Pemanasan Gelombang Mikro

Pemanasan menggunakan *microwave* mengakibatkan energi dapat tersalurkan tepat pada sampel dibandingkan pemanasan secara konduktif. Tingkat daya dapat disesuaikan untuk kebutuhan (Brett.2005). Pemanasan *microwave* merupakan proses pemanasan yang terbaik karena konsep pemanasan dengan *microwave* langsung pada molekul yang terdapat dalam campuran reaksi, sehingga menyebabkan reaksi menjadi lebih cepat dan lebih bersih (Sumnu. 2001). Pada pemanasan menggunakan *microwave*, panas peningkatan laju reaksi sangat cepat (Rina. 2012).

2.4.2 Perbandingan Pemanasan Menggunakan Metode Non Konvensional (*microwave*) dengan Metode Konvensional (*furnace*)

Radiasi gelombang mikro memiliki efektifitas yang lebih baik dari pada konvensional, bisa sampai 10 – 10.000 kali lebih efektif dari pada konvensional. Misalnya ketika sintesis *Fluorescein* berdasarkan Tabel 2.8, dibutuhkan pengamatan perubahan fasa seiring bertambahnya temperatur. Ketika menggunakan metode konvensional sebagai pemanas, *furnace* membutuhkan waktu 10 jam. Berbeda ketika menggunakan *microwave*, hanya membutuhkan waktu 35 menit (Gaba. 2010).

Tabel 2.9 Perbandingan pemanasan metode konvensional dan gelombang mikro (Gaba.2010).

Reaksi	Durasi (menit)		% Yield	
	Konvensional	<i>Microwave</i>	Konvensional	<i>Microwave</i>
Sintesis <i>Fluorescein</i> Kondensasi Benzoin dengan Urea	600	35	70	82
Reaksi Biginelli	360	35	70	75
Sintesis Aspirin	130	1	85	92

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan Penelitian

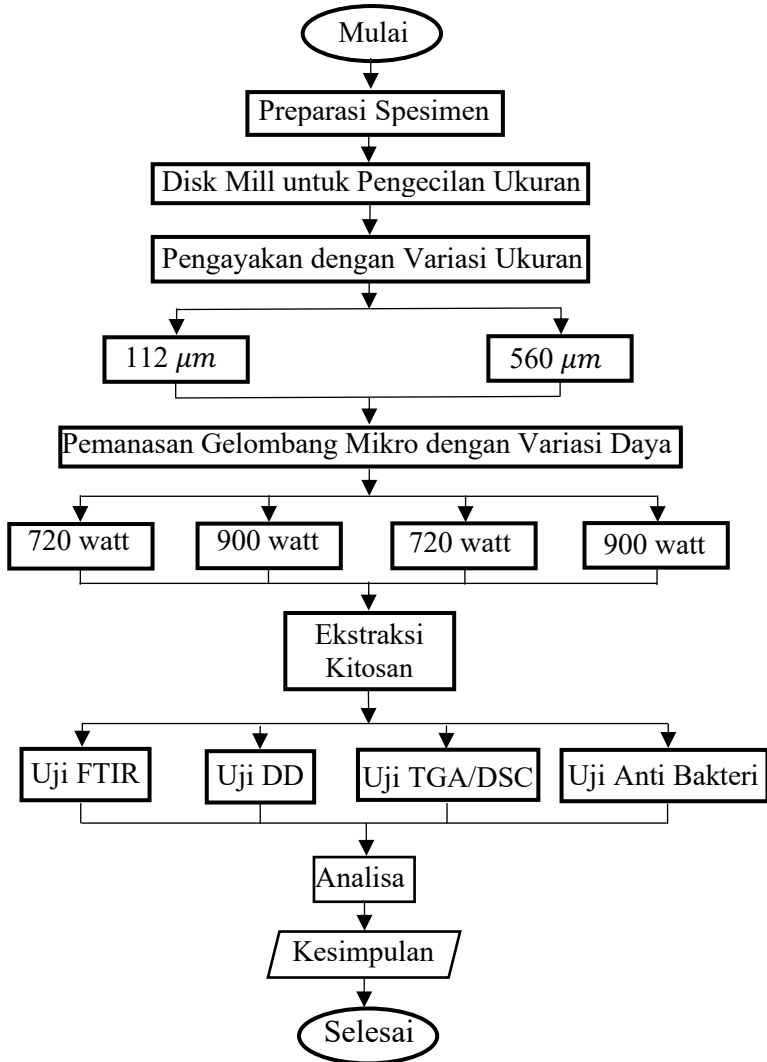
1. Limbah Prepupa *Hermetia illucens*.
2. Pupa *Hermetia illucens*.
3. Bangkai imago *Hermetia illucens*.
4. Air.
5. Asam Asetat.

3.2 Alat Penelitian

1. Machine Crusher.
2. Neraca analitik.
3. Crucible.
4. Furnace.
5. Microwave.

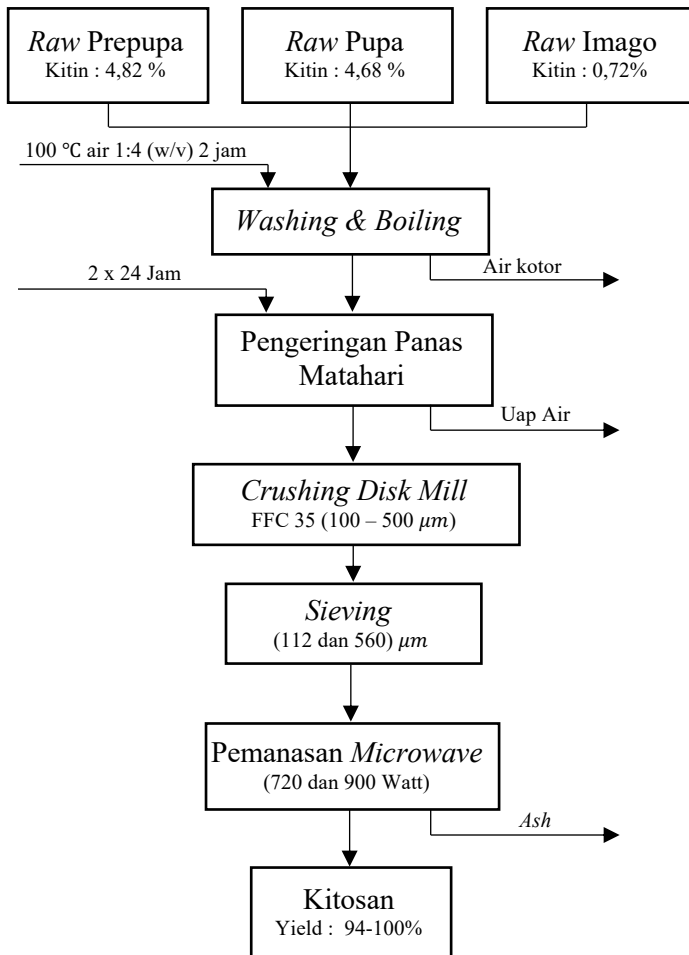
3.3 Metode Penelitian

3.3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.

3.3.2 Flowsheet *Microwave*



Gambar 3.2 Flowsheet Pemanasan *Microwave* menggunakan sampel prepupa, pupa, dan imago.

3.3.3 Prosedur Percobaan

A. Preparasi Sample

Sebelum melakukan eksperimen, kulit prepupa, pupa, dan imago *Black Soldier Fly* dibersihkan untuk menghilangkan pengotor yang ada berdasarkan Gambar 3.2. Kadar air dan molekul organik yang terkandung di dalam prepupa, pupa, dan imago harus dihilangkan. Oleh karena itu, prepupa, pupa, dan imago dicuci dan dididihkan dengan air bersih kemudian dilakukan proses pengeringan selama 24 jam di bawah sinar matahari.



Gambar 3.3 Proses pengeringan kulit prepupa (a), pupa (b), dan imago (c).

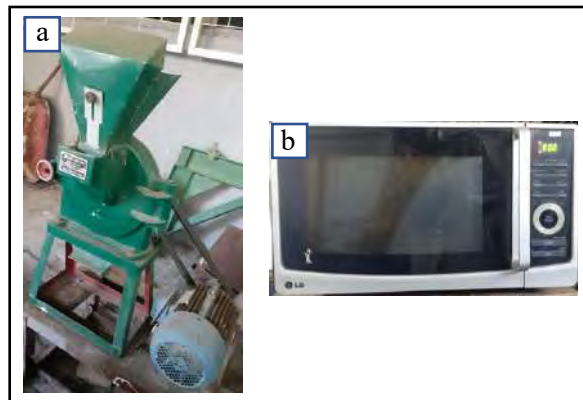
B. Proses *Crushing*

Proses selanjutnya yaitu prepupa, pupa dan imago dihancurkan menggunakan *centrifugal crusher Damiji Food Machinery disk mill FFC-23* (Gambar 3.3a) untuk menghancurkan

kulit prepupa, pupa dan imago menjadi serbuk. *Chrusing* dilakukan dengan kecepatan 1400 rpm dan selanjutnya disaring dengan ukuran 112 dan 560 μm .

C. Pemanasan Sample

Proses pemanasan yang digunakan pada penelitian kali ini adalah menggunakan pemanasan non konvensional (*microwave*). Pada proses non konvensional, spesimen yang telah menjadi serbuk diletakkan di dalam *crucible* yang berbahan HCR-18 kemudian dimasukkan ke dalam *microwave oven LG MC7889D* (Gambar 3.3b) dengan variasi daya dan besar partikel.



Gambar 3.4 a. Mesin Crusher untuk mencacah b. Microwave untuk pemanasan sampel.(Dokumen pribadi).

D. Ekstraksi *Chitosan*

Ekstraksi kitosan dilakukan dengan metode *leaching* kimia dan berbeda dengan metode ekstraksi kitosan konvensional yang telah ada.

3.4 Pengujian

a. Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Pengujian FTIR (Gambar 3.4) menggunakan Thermo Science Nicolet IS10 dengan tujuan untuk mendapatkan data mengenai

gugus fungsi yang terdapat pada serbuk kulit prepupa, pupa dan imago. Selain itu FTIR dapat digunakan untuk mencari Derajat Deasetilasi (DD).



Gambar 3.5 Alat pengujian FTIR (Dokumen Google).

b. Perhitungan DD (Derajat Deasetilasi)

Perhitungan DD pada penelitian ini menggunakan rumus dari (Rout, 2001) yaitu dengan persamaan(3.1) :

$$DD = 118.883 - \left[40,1647 \times \left(\frac{A_{1655}}{A_{3450}} \right) \right] \dots\dots(3.1)$$

DD : Derajat Deasetilasi

A : Wavenumber (cm^{-1})

c. DSC/TGA

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah metode yang mampu mempelajari sifat termal bahan. Berbagai informasi dapat diperoleh dengan DSC seperti nilai kalori, suhu transisi fasa, reaksi kimia/fisika dan sebagainya. Kombinasi DSC dan TGA sangat membantu dalam menarik kesimpulan tentang kandungan air, berat *ash*, temperatur dekomposisi. DSC yang digunakan yaitu *Mettler Toledo DSC* dengan *heating rate* $100^\circ\text{C}/\text{min}$ dengan dengan rentang temperatur ruangan sampai 1600°C .

d. Uji Anti Bakteri

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui sifat *antibacterial* dari kitosan yang dihasilkan. Pengujian dilakukan dengan metode *spread plate* (Hartman,2011) dengan menggunakan bakteri *Staphylococcus aureus* yang dibiarkan di media NA (Nutrien Agar). Pengujian ini menggunakan alat, bahan antara lain :

Bahan :

- | | |
|--|-----------|
| 1. Biakan murni <i>Staphylococcus Aureus</i> | 52 Koloni |
| 2. Bubuk Kitosan | 0,25 gram |
| 3. Deonized Water | 5 ml |

Alat (Gambar 3.5) :



Gambar 3.6 Alat – Alat Uji Antibakteri (Dokumen Pribadi)

- | | |
|------------------------|--------|
| 1. Inkubator | 1 buah |
| 2. Mikroskop Biologi | 1 buah |
| 3. Jarum Ose | 3 buah |
| 4. Spreader | 3 buah |
| 5. Micropipet | 1 buah |
| 6. Cawan petri | 8 buah |
| 7. Bunsen | 1 buah |
| 8. Tabung reaksi 10 ml | 7 buah |
| 9. Rak Tabung | 1 buah |
| 10. Korek Api | 1 buah |

Prosedur penelitian :

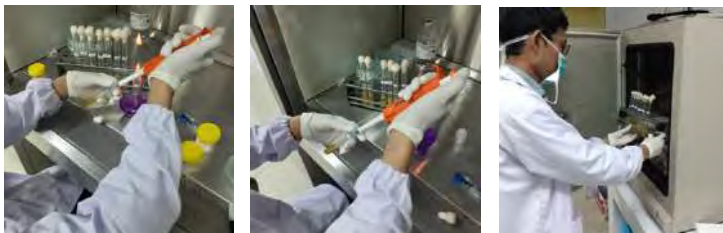
- Inokulasi Bakteri
 - Bunsen dinyalakan (Gambar 3.6).
 - Alat dan bahan dipersiapkan.
 - Jarum ose dipijarkan pada bunsen agar steril dan menghindari kontaminasi.
 - Bakteri diambil sebanyak satu ose.
 - Dipindahkan dengan cara jarum ose dicelupkan ke dalam medium BHIB (*Brain Heart Infusion Broth*).

6. Kemudian dimasukkan ke dalam incubator dengan suhu 37°C selama 24 jam.



Gambar 3.7 Prosedur penelitian inokulasi bakteri (Dokumen Pribadi).

- b. Pembuatan anti bakteri (larutan kitosan)
 1. Bunsen dinyalakan.
 2. Bubuk kitosan disiapkan sebanyak 0,5 gram untuk setiap sampel penelitian.
 3. 10 ml *deionized water* disiapkan untuk setiap sampel penelitian.
 4. 0,5 gram kitosan disiapkan pada 10 ml *deionized water*.
- c. Inokulasi bakteri dengan larutan antibakteri (Gambar 3.7).
 1. Bunsen dinyalakan.
 2. Biakan bakteri diambil sebanyak 0,1 ml setiap sampel.
 3. Biakan bakteri dicampur ke dalam 10 ml larutan kitosan.
 4. Kemudian diletakkan dalam incubator selama 24 jam.



Gambar 3.8 Prosedur penelitian inokulasi bakteri dengan larutan anti bakteri kitosan. (Dokumen Pribadi).

- d. Inokulasi bakteri pada media agar (Gambar 3.8).
1. Bunsen dinyalakan.
 2. Bakteri yang telah dibiakkan dimasukkan ke dalam larutan kitosan sebanyak 0.1 ml dengan jarum ose untuk setiap sampel.
 3. Kemudian dibuka sedikit cawan petri dan didekatkan ke api Bunsen, lalu masukkan bakteri kultur ke media agar.
 4. Biakan bakteri diratakan dengan spreader hingga merata ke seluruh permukaan media agar.
 5. Menyimpan di dalam inkubator pada posisi terbalik selama 2 x 24 jam pada suhu 37 C.
 6. Penghitungan bakteri menggunakan pengamatan visual dengan cara meletakkan cawan petri dengan posisi terbalik.



Gambar 3.9 Prosedur penelitian inokulasi bakteri dengan larutan anti bakteri kitosan. (Dokumen Pribadi).

e. Perhitungan Yield Kitosan

Dengan diketahui % kitin yang terkandung dari sampel dan % produk kitosan yang muncul dari sampel, maka dapat dihitung Yield kitosan terhadap kitin yaitu menggunakan rumus :

$$\% \text{ Yield} = \frac{\% \text{ Kitosan}}{\% \text{ Kitin}} \dots\dots\dots 3.2$$

3.5 Rancangan Penelitian

Adapun rencana penelitian ekstraksi kitosan ini menggunakan tiga variasi dan tiga pengujian pada Tabel 3.2 dan 3.3 sebagai berikut :

Tabel 3.2 Variasi ukuran partikel dengan daya 720 Watt, waktu 90 menit dan massa 50 gr.

Sampel	Ukuran Partikel (μm)	FTIR	TGA/DSC	Anti Bakteri
Prepupa	560	✓		✓
	112	✓	✓	✓
Pupa	560	✓		✓
	112	✓	✓	✓
Imago	560	✓		✓
	112	✓	✓	✓

Tabel 3.3 Variasi ukuran partikel dengan daya 900 Watt, waktu 90 menit dan massa 50 gr.

Sampel	Ukuran Partikel (μm)	FTIR	TGA/DSC	Anti Bakteri
Prepupa	560	✓		
	112	✓	✓	
Pupa	560	✓		
	112	✓	✓	
Imago	560	✓		
	112	✓	✓	

3.5.1 Jadwal Rencana Penelitian

Jadwal Penelitian ini dibuat agar penelitian ekstraksi kitosan dari limbah BSF (*Black Soldier Fly*) yaitu prepupa, pupa, dan imago dapat dilakukan tepat waktu dan terencana sesuai prediksi. Selain itu jadwal penelitian ini berfungsi agar peneliti dapat melakukan evaluasi mengenai timeline penelitian yang dilakukan agar bisa merekomendasikan timeline kepada peneliti selanjutnya. Rencana penelitian dilakukan selama empat bulan. Dimulai pada bulan Oktober 2019 dan berakhir pada bulan Januari 2020. Berikut Tabel 3.4 tentang jadwal rencana penelitian mulai dari preparasi sampel dan alat hingga analisa data dan pembahasan pengujian sampel.

Tabel 3.4 Jadwal Rencana Penelitian

Kegiatan	Oktober				November				Desember				Januari	
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2
Preparasi alat dan bahan	■													
Pengujian bahan <i>Ekstraksi Kitosan</i>		■			■									
Pengujian hasil <i>Ekstraksi</i>					■									
Analisa data dan pembahasan									■					

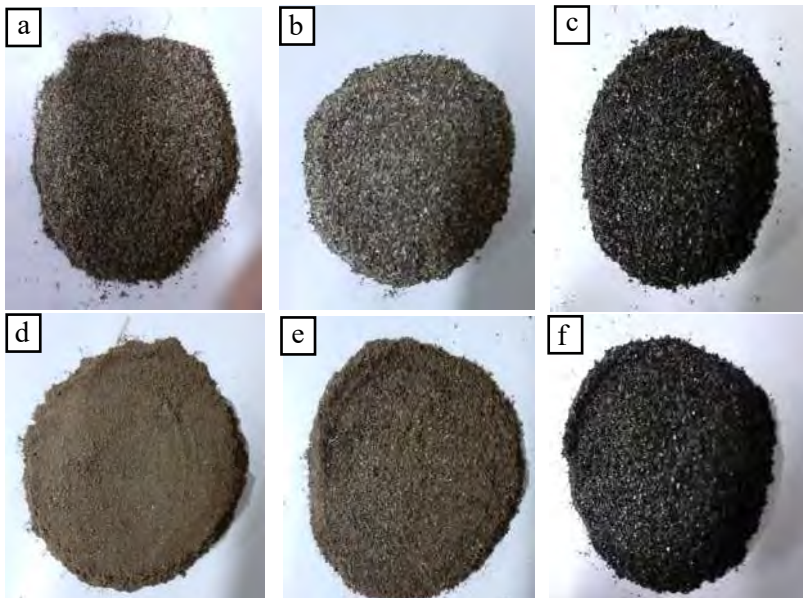
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

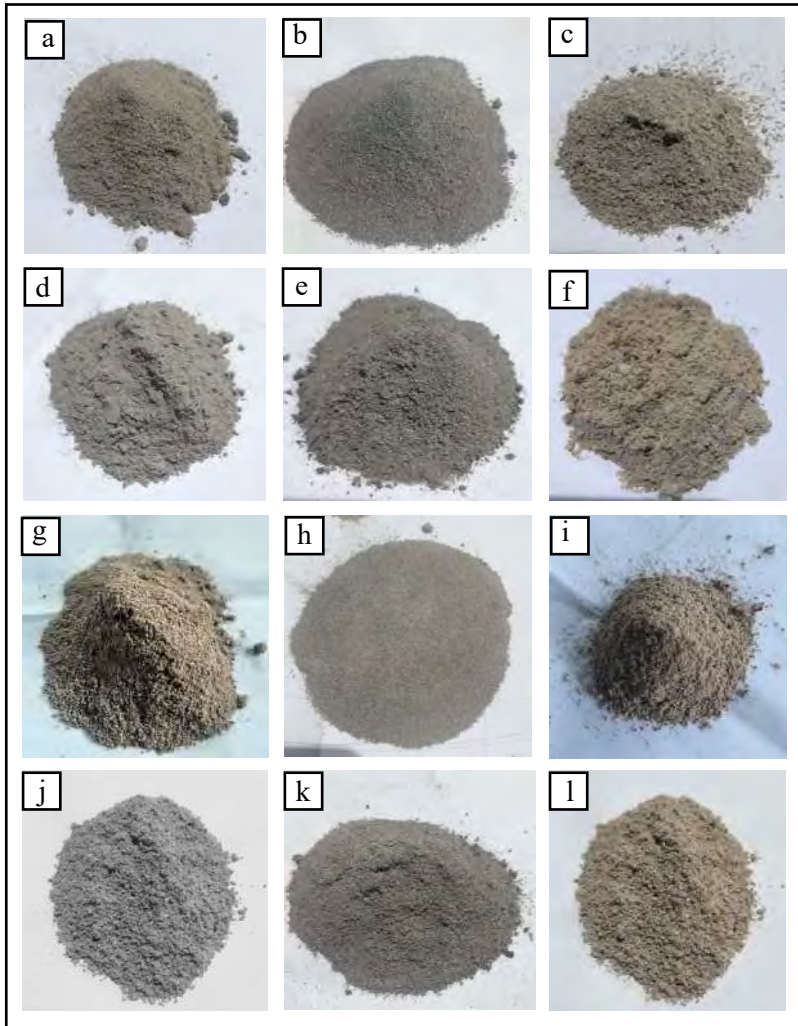
4.1 Hasil Penelitian

4.1.1. Pengamatan Visual

Penelitian ini menggunakan 3 jenis sampel yaitu prepupa, pupa, dan imago BSF seperti Gambar 4.1. Pengamatan secara visual, bahan prepupa memiliki warna coklat terang di bagian permukaan luar, sedangkan dipermukaan dalam berwarna putih tulang dengan sedikit berkilap. Untuk sampel pupa memiliki warna coklat gelap pada permukaan luar namun pada permukaan dalam berwarna putih. Sedangkan imago memiliki warna yang gelap dengan sayap berwarna bening dan keempat ujung kaki berwarna putih.



Gambar 4.1 Hasil Sieving Dengan Ukuran Partikel $560 \mu\text{m}$: a. Prepupa b. Pupa c. Imago, dan dengan ukuran $112 \mu\text{m}$: d. Prepupa e. Pupa f. Imago



Gambar 4.2 Hasil sintesis organik menggunakan *microwave* pada 720 Watt 560 μm : a. Prepupa, b. Pupa, c. Imago, 720 Watt 112 μm : d. Prepupa, e. Pupa, f. Imago, 900 Watt 560 μm : g. Prepupa, h. Pupa, i. Imago, 900 Watt 112 μm : j. Prepupa k. Pupa l. Imago.

Warna sampel prepupa dan pupa memiliki kemiripan sesudah pemanasan yaitu abu – abu terang. Sedangkan pada pada imago, sebelum proses pemanasan, warna sampe imago memiliki warna hitam pekat, namun setelah pemanasan menjadi coklat terang. Perubahan warna itu terjadi sesuai dengan penelitian Goncalves (2013) yaitu akar bit setelah dipanaskan menggunakan *microwave* mampu mengalami perubahan warna.

4.1.2 Pengamatan FTIR

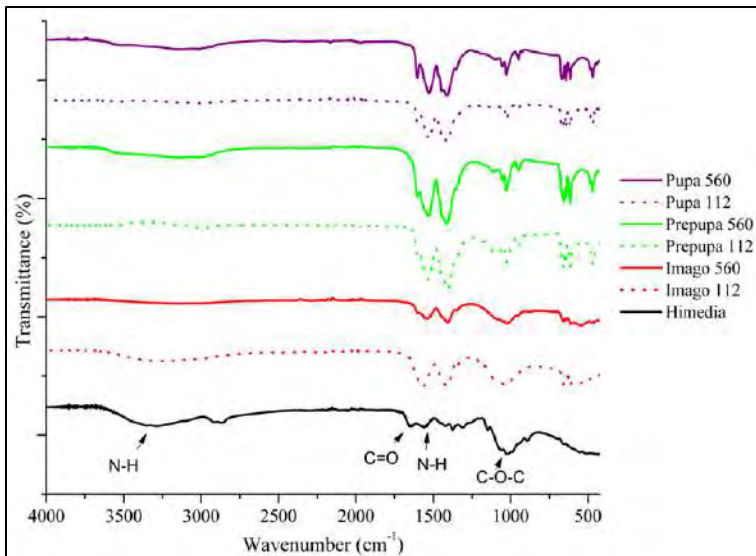
Tabel 4.1 Daerah absorbansi gugus fungsi khas kitosan (Varsha, 2012)

Gugus Fungsi	Daerah Absorbansi (cm ⁻¹)
O-H <i>stretching</i>	3600 – 3200 (berubah-ubah, kadang melebar)
N-H primer <i>stretching</i>	3500 – 3300 (sedang)
C=O	1760 – 1630 (lemah)
N-H primer <i>bending</i>	1650 – 1596 (sedang)
C-O-C <i>stretching</i>	1150 – 1033

Pada penelitian ini, pengujian FTIR menggunakan dua parameter daya, yaitu 720 W dan 900 W. Pengujian pertama dilakukan sebanyak 6 sampel dengan 2 variasi ukuran partikel 112 μm dan 560 μm dan 3 variasi jenis sampel yaitu limbah prepupa, pupa, dan imago BSF. Pada Gambar 4.3 merupakan hasil dari pengamatan menggunakan FTIR 720 Watt. Pada gambar tersebut pada Prepupa 560 dan 112 memiliki *peak* masing – masing 3015 cm^{-1} dan 3001 cm^{-1} , selanjutnya Pupa 560 dan 112 memiliki *peak* masing – masing 3119 cm^{-1} dan 3013 cm^{-1} , sedangkan untuk Imago

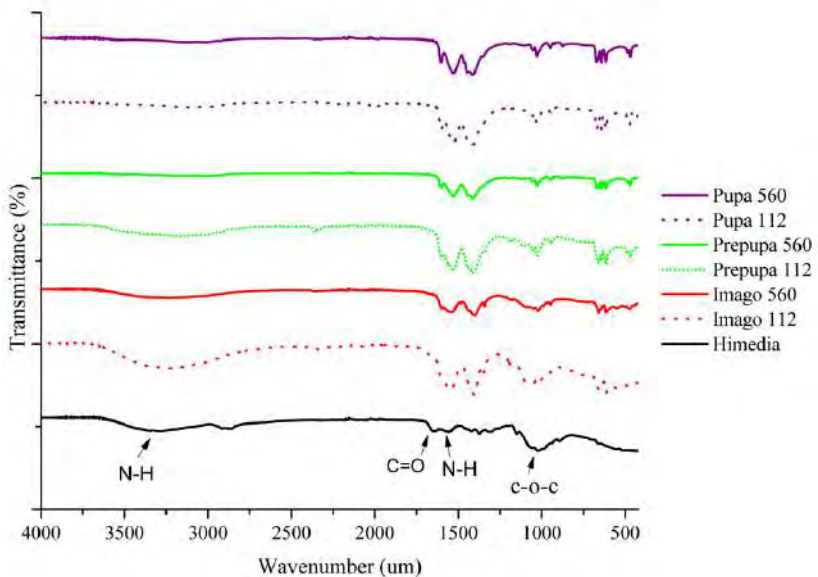
560 dan 112 memiliki *peak* masing – masing 3150 cm^{-1} dan 3246 cm^{-1} . Pada range *peak* $3001 - 3246\text{ cm}^{-1}$ tersebut merupakan daerah puncak absorbansi dari gugus O-H *stretching* dan N-H primer *stretching*, hal itu sesuai dengan hasil penelitian (Queiroz, 2015) tentang observasi *peak* kitosan di FTIR.

Selanjutnya ditemukan *peak* pada Kulit Prepupa, Pupa, dan Imago dengan ukuran partikel 560 dan 112 secara berurutan adalah $1600,7, 1600,5, 1602,12, 1602,16, 1539, \text{ dan } 1570\text{ cm}^{-1}$. Pada *peak range* $1539 - 1602,16$ tersebut menunjukkan daerah puncak absorbansi C=O *stretching* dari amide I dan N-H *bending* dari amide II, hal ini juga ditemukan berdasarkan penelitian (Queiroz, 2015) dan (Knidri, 2017). Selanjutnya dengan urutan *peak* yang sama $1409,98, 1408,40, 1409,91, 1409,42, 1408,36, \text{ dan } 1405\text{ cm}^{-1}$, dengan *peak range* $1405 - 1409$ tersebut menunjukkan daerah puncak absorbansi CH₂ *bending* (Hefian, 2010, Knidri, 2012), dan CH₃ *symmetrical* (Queiroz, 2015).



Gambar 4.3 Grafik hasil pengujian FTIR kulit prepupa, pupa dan imago BSF menggunakan Daya 720 Watt.

Selanjutnya pada Gambar 4.4 menunjukkan grafik hasil pengujian FTIR dengan daya 900 Watt dengan urutan *peak* yang sama mulai dari Kulit Prepupa 560 dan 112, Pupa 560 dan 112, dan imago 560 dan 112 memiliki *peak* masing – masing secara berurutan 3015, 3150, 3014, 3010, 3238, dan 3223 cm^{-1} . Dengan *peak range* 3010 – 3238 tersebut, memiliki kemiripan dengan grafik FTIR batch I yaitu daerah puncak absorbansi dari gugus O-H *stretching* dan N-H primer *stretching*. 1602,4, 1600, 1602,9, 1602,5, 1540, dan 1546 cm^{-1} . *Peak range* 1540 – 1602,9 cm^{-1} menunjukkan daerah puncak absorbansi C=O *stretching* dari amide I dan N-H *bending* dari amide II. Dan terakhir 1410, 1416,56, 1416,51, 1416,4, 1403, dan 1405 cm^{-1} , *peak range* 1403 – 1416. Menunjukkan daerah puncak absorbansi CH₂ *bending* dan CH₃ *symmetrical*. Hal itu sesuai dengan (Greenwood.1972).



Gambar 4.4 Grafik hasil pengujian FTIR kulit Prepupa, Pupa dan Imago BSF dengan daya 900 Watt.

Berdasarkan hasil uji FTIR tersebut ditemukan nilai peak yang sesuai dengan karakteristik gugus fungsi kitosan pada semua jenis bahan yaitu prepupa, pupa dan imago sesuai pada Tabel 4.1. Kitosan memiliki berbagai macam aplikasi tergantung sifat yang dimiliki. Salah satu aplikasi material kitosan adalah mampu diaplikasikan dalam aktifitas medis. Sebagai material medis, syarat utama yang harus dimiliki adalah memiliki ketahanan atau bahkan dapat membunuh bakteri. Material kitosan dari prepupa, pupa dan imago agar memiliki sifat anti bakteri maka, salah satu syarat yang perlu di perhatikan adalah memiliki tingkat kemurnian atau derajat deasetilasi (DD) yaitu derajat gugus fungsi asetil ($\text{CH}_3\text{CO}-$) yang dikonversi menjadi gugus amina ($-\text{NH}_2$) (Blair et al. 2006).

4.1.2. Perhitungan Derajat Deasetilasi (DD)

Tabel 4.2 Grafik prosentase DD dari spesimen Prepupa, Pupa, dan Imago BSF menggunakan daya 720 Watt.

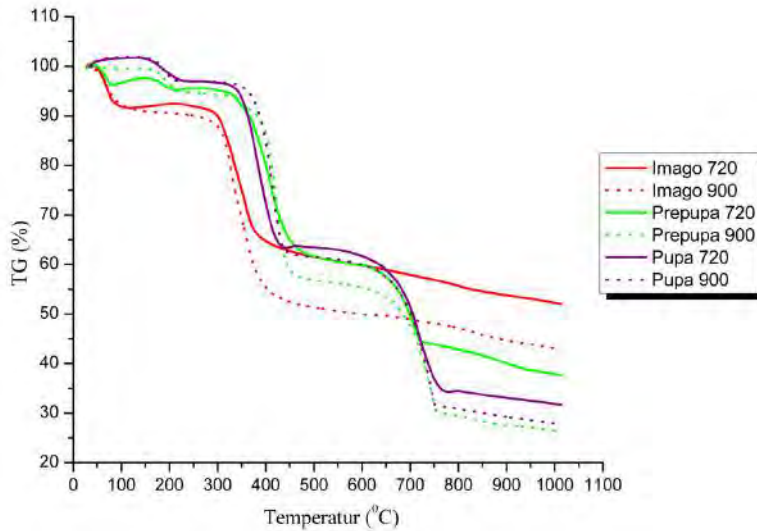
Daya (Watt)	Ukuran Partikel (μm)	Jenis Sampel	% DD
720	112	Prepupa	80,23
		Pupa	78,75
		Imago	79,25
	560	Prepupa	80,22
		Pupa	79,34
		Imago	78,25
900	112	Prepupa	79,18
		Pupa	79,36
		Imago	78,34
	560	Prepupa	77,86
		Pupa	79,38
		Imago	75,88

Untuk mengetahui kadar gugus asetil yang hilang menjadi gugus amine, maka selanjutnya menghitung Derajat Deasetilasi (DD) menggunakan referensi data FTIR dengan metode rumusan (Rout, 2001). Metode Rout memanfaatkan *Absorbance* yang muncul dari *wavenumber* 1655 dan 3450 berdasarkan grafik FTIR pada sampel prepupa, pupa, dan imago. Pada percobaan kali ini, menggunakan rumus DD berdasarkan formula dari (Rout, 2001) sesuai persamaan (3.1). Dengan hasil sebagai berikut.

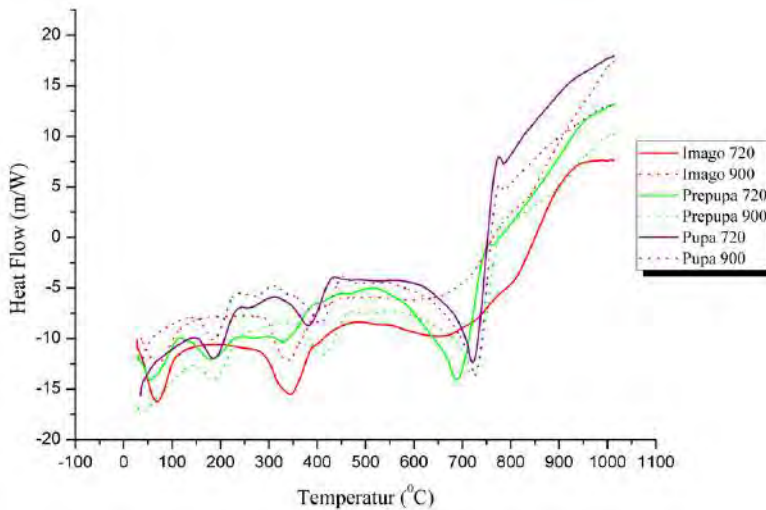
Dalam Tabel 4.2 prepupa, pupa, dan imago, nilai daya : 720 dan 900 watt, dan ukuran partikel : 560 μm dan 112 μm . Nilai derajat deasetilasi (DD) cenderung lebih besar ketika menggunakan ukuran partikel 112 μm dibanding menggunakan ukuran partikel 560 μm kecuali pada sampel pupa yang memiliki DD lebih rendah ketika berukuran 112 μm . Jika menggunakan acuan nilai daya, maka sampel dengan perlakuan daya 720 watt mempunyai nilai DD yang lebih tinggi, namun itu tidak berlaku pada sampel pupa yang memiliki nilai DD lebih tinggi justru ketika menggunakan daya 900 watt. Dari ketiga jenis sampel tersebut, prepupa dengan ukuran partikel 112 μm dengan daya 720 watt memiliki nilai DD tertinggi yaitu 80,23. Hasil kitosan dari jenis sampel Pupa memiliki nilai DD maksimal ketika menggunakan daya di *microwave* dan ukuran partikel masing – masing 900 watt dan 560 μm . Semua serbuk kitosan yang dihasilkan memiliki DD di atas 75%, sehingga cocok untuk diaplikasikan pada dunia medis.

4.1.3. Pengujian TGA/DSC

Pengujian TGA/DSC memperlihatkan tahapan dekomposisi sampel prepupa, pupa, dan imago yang dipengaruhi oleh temperatur. Pengujian ini menghasilkan jumlah fasa dekomposisi, kandungan air dan kandungan abu yang dinyatakan dalam Tabel 4.2. Pada temperatur di bawah 120 °C menunjukkan reaksi



Gambar 4.5 Grafik hasil pengujian TGA ukuran partikel $112 \mu m$.



Gambar 4.6 Grafik hasil pengujian DSC ukuran partikel $112 \mu m$.

evaporasi molekul air yang menyebabkan massa berkurang 5 – 10 %, hal ini sesuai dengan penelitian Corazzari (2015). Prepupa 900, pupa 720, dan pupa 900 tidak mengalami penurunan massa dikarenakan sangat sedikit kandungan molekul air, hal itu disebabkan saat proses pengeringan pada ekstraksi kitosan menempuh waktu yang optimal. Selanjutnya temperatur antara 175 – 225 °C mengurangi massa 2,5-5%. Pada rentan temperatur 340-460 °C terjadi reduksi massa 25 – 40%, hal itu menunjukkan hilangnya gugus asetil dari sampel kitosan (Borowska.2014), karena gugus asetil memiliki ikatan yang lemah dan reaktif sehingga mudah putus terlebih dahulu.

Tabel 4.3 Daerah perubahan presentase (%) massa pada grafik TGA Kitosan dari bahan Baku Prepupa, Pupa, dan Imago.

Sample	Jumlah Fasa Dekomposisi	Kandungan Air %	Kandungan Ash %
Prepupa 720	4	4%	40
Prepupa 900	4	0	25
Pupa 720	5	0	30
Pupa 900	5	0	30
Imago 720	2	10	50
Imago 900	2	10	45

Pada temperatur di bawah 120 °C menunjukkan reaksi evaporasi molekul air yang menyebabkan massa berkurang 5 – 10 %, hal ini sesuai dengan penelitian Corazzari (2015). Prepupa 900, pupa 720, dan pupa 900 tidak mengalami penurunan massa dikarenakan sangat sedikit kandungan molekul air. Selanjutnya temperatur antara 175 – 225 °C mengurangi massa 2,5-5%. Pada rentan temperatur 340-460 °C terjadi reduksi massa 25 – 40%, hal itu menunjukkan hilangnya gugus asetil dari sampel kitosan

(Borowska.2014), karena gugus asetil memiliki ikatan yang lemah dan reaktif sehingga mudah putus terlebih dahulu.

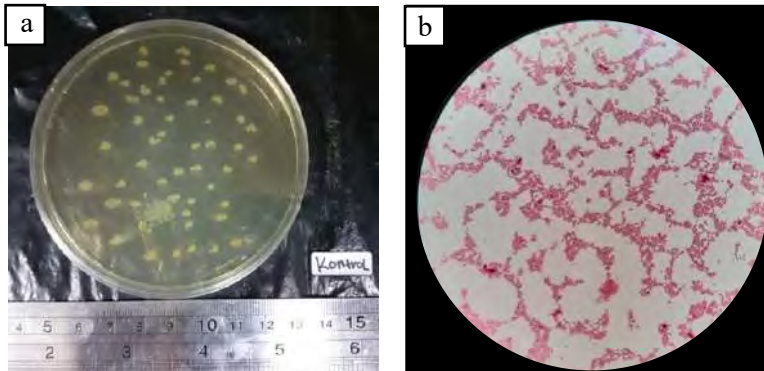
Tabel 4.2 menunjukkan bahwa prepupa dengan daya 720 watt memiliki gugus asetil yang paling sedikit dengan hanya berkurang 30%, sedangkan imago 900 memiliki gugus asetil yang paling banyak. Jika dibandingkan antara sampel dengan daya 900 dan 720 watt, maka gugus asetil yang hilang dari daya 900 lebih banyak dari pada gugus asetil pada daya 720 watt. Menurut Moussout (2016), pada tempertur tersebut terjadi reaksi dekomposisi residu karbon. Temperatur diatas 750 °C tidak terbentuk penurunan yang signifikan. Hal ini menunjukkan telah habis terdekomposisi menjadi gas. Dari grafik DSC dapat dilihat ketahanan sampel pada temperature tertentu. Berdasarkan Gambar 4.6 dapat dilihat bahwa sampel prepupa dan pupa memiliki ketahanan temperatur tertinggi dengan range 690 – 725 °C, sedangkan imago sekitar 340 °C. Sehingga sampel prepupa dan pupa mampu diaplikasikan pada temperature tinggi.

4.1.4 Pengujian Antibakteri

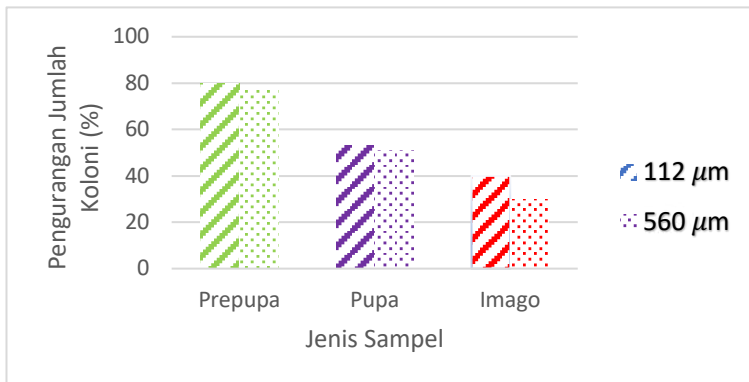
Pada pengujian antibakteri ini menggunakan koloni bakteri *Staphylococcus aureus* Pemilihan bakteri tersebut dengan alasan bakteri tersebut banyak terdapat pada pasien yang telah mengalami implant tulang. Gambar 4.7 merupakan bakteri kontrol dengan jumlah koloni 52 koloni. Bakteri kontrol ini sebagai pembanding dengan jumlah koloni yang telah diberi larutan kitosan. Pada pengujian ini hanya menggunakan sampel kitosan dengan daya 720 watt karena membutuhkan energi yang lebih tinggi dari daya 900 watt, selain itu daya 720 watt memiliki nilai DD yang lebih tinggi.

Sesuai Gambar 4.8, Sampel kitosan dari kulit memiliki tingkat reduksi koloni yang signifikan, Sampel prepupa 112 μm menjadi yang paling banyak membunuh koloni bakteri hingga tersisa 10 koloni dari 52 koloni awal, sampel prepupa 560 μm mampu membunuh 40 koloni sehingga menyisakan 12 koloni. Secara berurutan mulai dari pupa 112, pupa 560, imago 112, dan imago 560 μm mampu membunuh Bakteri *Staphylococcus aureus*

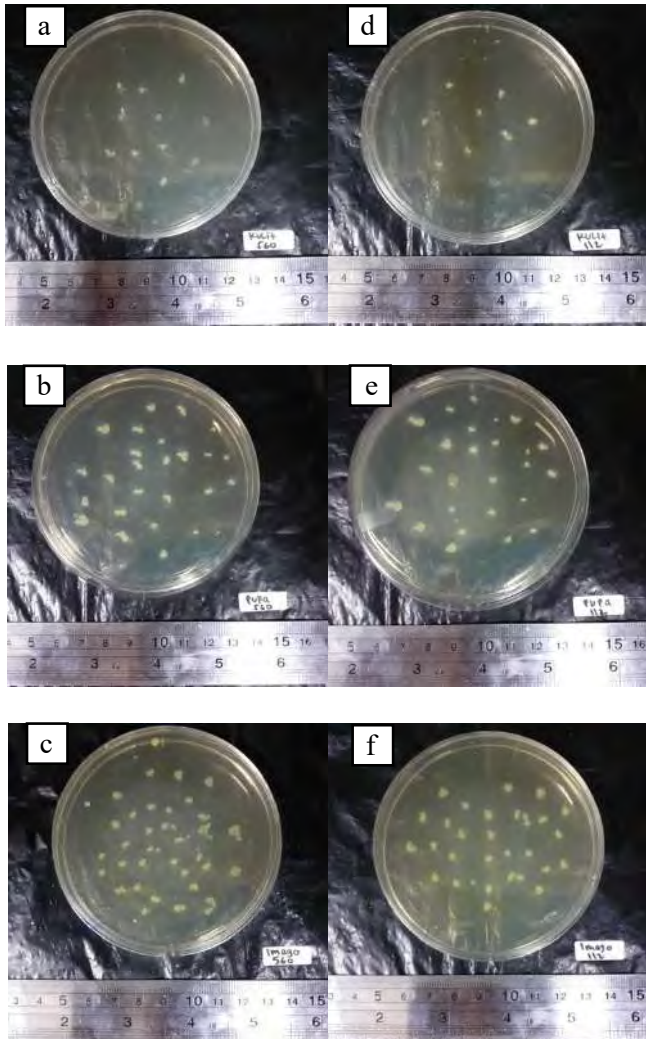
dan hanya menyisakan 24, 25, 31, dan 36 koloni sesuai sesuai Gambar 4.9. Sampel kitosan memang terbukti bisa digunakan untuk material anti bakteri. Hasil penelitian tersebut sesuai dengan penelitian Goy (2016), yang mampu mengurangi jumlah koloni dari bakteri *S. aureus* 42 – 96%, tergantung konsentrasi larutan kitosan.



Gambar 4.7 Kontrol bakteri : a. Gambar visual dan b. Mikroskopologi perbesaran 1000x.



Gambar 4.8 Grafik prosentase pengurangan jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* terhadap larutan kitosan.



Gambar 4.9 Pengamatan visual *Bacterial Test* tentang jumlah koloni bakteri *Staphylococcus aureus* sebagai respon terhadap hasil Kitosan dengan ukuran partikel 560 μm : a. Prepupa b. Pupa c. Imago dan 123 μm : d. Prepupa e. Pupa f. Imago.

4.2 Pembahasan Penelitian

4.2.1. Pengaruh Gelombang Mikro Terhadap Output Material (Prepupa, Pupa, Imago) Untuk Proses Sintesis Organik

Sebelum pemanasan warna serbuk prepupa berwarna putih tulang, serbuk pupa, warna coklat tua dan imago berwarna hitam pekat. Setelah mengalami pemanasan baik di 720 W dan 900 W selama 90 menit mengalami perubahan menjadi coklat terang. Hal ini disebabkan oleh adanya dekomposisi dari zat organik oleh *microwave*. Sistesis menggunakan *microwave* memberikan beberapa keuntungan antara lain : waktu menjadi lebih cepat, hanya membutuhkan waktu 1,5 jam daripada menggunakan metode konvensional. Hasil yang sama dilakukan oleh El Knidri (2016) yang hanya membutuhkan waktu 24 menit, sedangkan dengan metode pemanasan konvensional membutuhkan waktu 6-7 jam. Pemanasan menggunakan *microwave* menghasilkan pemanasan internal yang efisien dengan mengarah langsung kepada sampel, sehingga hasil dekomposisi lebih menyeluruh sehingga pada Gambar 4.8 sampel hasil pemanasan menggunakan gelombang mikro menjadi lebih halus dan homogen, sehingga kitosan dapat terlarut secara maksimal.

Kappe (2004) dalam penelitiannya tentang pengaruh gelombang mikro terhadap *output material* yang dihasilkan, menghasikan beberapa kesimpulan antara lain efek superheating pelarut pada tekanan atmosfer sehingga proses sintesis menjadi sangat cepat. Dengan menggunakan *microwave*, mampu menaikkan prosentasi *yield* ekstraksi, karena dengan radiasi sinar *microwave*, sel – sel membengkak bahkan rusak, sehingga substrat yang keluar dari dalam sel menyebar menuju bagian dinding sel, sehingga membuat subtrat yang diinginkan menjadi mudah diakses oleh pelarut (Gaikar.2007). Manfaat lain dari *Microwave* adalah mampu meningkatkan efisiensi energi dan biaya proses produksi, hal itu dikarena kan daya yang digunakan lebih rendah daripada metode konvensional. Kontrol proses yang mudah dan tepat, pemanasan selektif, meningkatkan kualitas produk akhir dan dapat meningkatkan kualitas bahan kering (Sumnu.2001).

4.2.2. Pengaruh Gelombang Mikro Terhadap DD, Reaksi, dan Sifat Antibakteri saat Proses Sintesis Organik

Microwave dengan berbagai kelebihan mampu mendekomposisi sampel menjadi efektif dan efisien. *Microwave* menggunakan polarisasi *dipolar* dan polarisasi *interfacial*. Polarisasi dielektrik dalam pita frekuensi gelombang mikro muncul dari polarisasi dipolar dan polarisasi antarmuka (Peng, 2014). Menurut Peng polarisasi dipol disebabkan oleh reorientasi dipol yang diinduksi di bawah pengaruh medan listrik yang berubah atau berganti-ganti. Penyelarasan kembali terjadi triliunan kali setiap detik (10^{12} s^{-1}) dan menyebabkan gesekan antara molekul yang berputar. Proses ini menyebabkan panas dihasilkan dalam seluruh volume material.

Efektifitas pemanasan menggunakan gelombang mikro telah dibuktikan pada yield kitosan yang dihasilkan dari limbah BSF yaitu kitin prepupa, pupa dan imago pada Tabel 4.4. Kandungan kitin pada limbah BSF dinyatakan oleh (Pintowantoro, 2019) pada Table 2.3

Tabel 4.4 Prosentase kitosan yang dihasilkan dari sampel prepupa, pupa dan imago BSF dengan berat 50 gram.

Daya (Watt)	Besarnya Partikel (μm)	Sampel (Gram)			% Kitosan		
		Prepupa	Pupa	Imago	Prepupa	Pupa	Imago
720	112	2,43	2,35	0,42	4,86	4,7	0,84
	560	2,33	2,27	0,34	4,66	4,54	0,68
900	112	2,23	2,38	0,46	4,47	4,76	0,92
	560	2,28	2,50	0,49	4,57	5,0	0,99

Dengan mengetahui prosentase produk kitosan yang dihasilkan dari prepupa, pupa, dan imago, maka dapat didapatkan % yield kitosan terhadap kitin dengan menggunakan rumus 3.2 yaitu :

Tabel 4.5 Yield Kitosan terhadap Kitin.

Sampel	Ukuran Partikel	Daya	Yield %
Prepupa	112	720	100
	560		96
	112	900	98
	560		94
Pupa	112	720	100
	560		97
	112	900	101
	560		106
Imago	112	720	102
	560		94
	112	900	109
	560		106

Untuk menghitung yield kitosan dari kitin maka dilakukan perhitungan prosentase kitosan yang dihasilkan dari sampel yang dinyatakan pada Tabel 4.4. Berdasarkan Tabel 4.4 range prosentasi kitosan yang dihasilkan pada sampel prepupa, pupa, dan imago adalah 4,86 – 4,57, 4,54 – 5, dan 0,68 – 0,78 %. Prepupa dan pupa cenderung memiliki kesamaan prosentase daripada imago. Pada Tabel 4.5 Dapat disimpulkan bahwa gelombang mikro mampu mensintesis kitosan dari kitin prepupa dan pupa secara maksimal dengan *range* 94-100 %. *Trend* yang muncul dari garfik tersebut adalah imago memiliki tingkat konversi yang tinggi meskipun berat kitosan yang dihasilkan paling rendah daripada prepupa dan pupa. Hal itu dapat disimpulkan bahwa kandungan kitin di imago rendah.

Penelitian ini telah berhasil mengekstrak kitosan dari 3 fase hidup Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) yaitu prepupa, pupa, dan imago. Eksistensi kitosan telah terbukti mulai dari penemuan *peak* khas kitosan dari hasil uji coba FTIR. Dari grafik FTIR pula derajat deasetilasi dapat dihitung dan terbukti dengan mampu menghambat pertumbuhan bahkan membunuh koloni bakteri *S. aureus* hingga 80% koloni. Kitosan yang dihasilkan dari sampel prepupa, pupa, dan imago memiliki spesifikasi yang sesuai dengan Protan Laboratories pada Tabel 4.6.

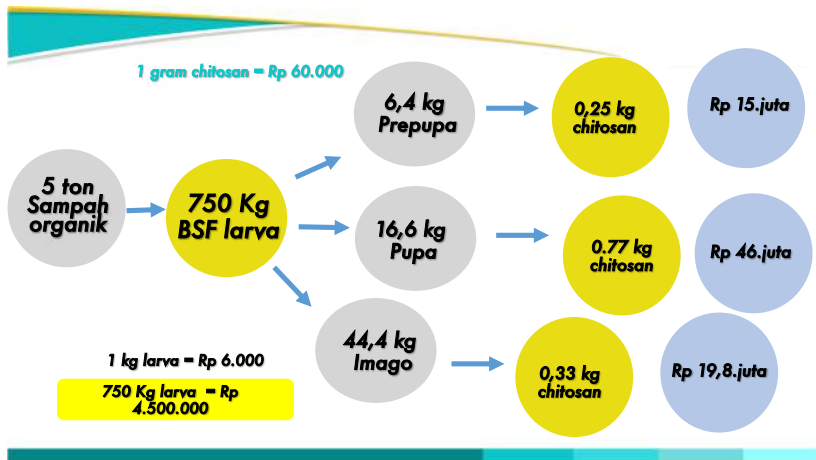
Tabel 4.6 Perbandingan hasil Protan Laboratories dengan kitosan dari sampel prepupa, pupa dan imago.

Sifat	Kitosan Protan Laboratoris	Kitosan Prepupa	Kitosan Pupa	Kitosan Imago
Ukuran partikel	Serbuk - bubuk	Bubuk	Bubuk	Bubuk
Kadar air (%)	≤ 10	0-4	0	10
Kadar abu (%)	≤ 2	0	0	0
Warna larutan	Jernih	Jernih	Jernih	Jernih
Derajat deasetilasi (%)	≥ 50	77 – 80	78 – 79	75 - 79

4.3 Analisa Ekonomi

Penelitian akan menarik jika mampu berkontribusi kepada dunia industri, apalagi *outcome* dari penelitian bisa bermanfaat kepada orang lain. Dengan melakukan analisa ekonomi, maka akan mengetahui apakah penelitian ini mampu diaplikasikan kepada masyarakat dan berhasil memberikan dampak kepada semua aspek khususnya bidang ekonomi. Berikut merupakan rincian biaya dan pendapatan secara umum jika akan memulai usaha produksi kitosan dari prepupa, pupa, dan imago.

Biaya Investasi	: Rp 500.000.000
Bangunan	: Rp 150.000.000
Peralatan	: Rp 300.000.000
Tak Terduga	: Rp 50.000.000
Biaya operasional/bulan	: Rp 95.000.000
Raw Material	: Rp 10.000.000
Gaji Pegawai 3	: Rp 15.000.000
Gaji Manajemen 3	: Rp 30.000.000
Listrik <i>Microwave</i>	: Rp 15.000.000
Listrik <i>Diskmill</i>	: Rp 10.000.000
Listrik Pompa	: Rp 2.000.000
Logistik	: Rp 10.000.000
Lain – lain	: Rp 3.000.000
Omzet Tahun 1/bulan	: Rp 130.000.000*
Omzet Tahun 3	: + 60 %
Investasi Tahun 3	: + 100 %
Operasional Tahun 3	: + 100 %



Gambar 4.10 Analisa pendapatan dari ekstraksi kitosan (Dokumen Pribadi).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian ini maka, dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. Ekstraksi kitosan dari prepupa, pupa, dan imago menggunakan gelombang mikro mampu menghasilkan material kitosan anti bakteri, hal itu dibuktikan dengan mampu mereduksi koloni bakteri *Staphylococcus aureus* hingga 70%. Kemampuan tersebut didukung dengan Derajat Deasetilasi yang dihasilkan mencapai 75 – 80%.
2. Ukuran partikel sampel 112 μm memiliki hasil DD yang lebih tinggi dari pada 560 μm hal itu dikarenakan semakin kecil ukuran partikel maka atom yang saling berikatan akan lebih mudah terurai.
3. Ekstraksi kitosan dengan daya 720 watt lebih efektif daripada 900 watt karena selain DD yang dihasilkan lebih tinggi, daya 720 watt lebih hemat daripada 900 watt karena energi yang dikeluarkan lebih kecil.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan variasi massa agar mengetahui kapasitas produksi *microwave* dan konvesri optimal ketika menggunakan sampel prepupa, pupa, dan imago.
2. Perlu pengujian antibakteri dengan acuan bakteri hambat atau *holozone*.
3. Perlu menguji merata molekol karena sifat kitosan banyak dipengaruhi merata molekul (MW).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Acosta N, Aranaz I, Peniche C, Heras A. Tramadol release from a delivery system based on alginate- chitosan microcapsules. *Macromol Biosci* 2003; 3: 546- 51
- Aljauhari. M.A., Setiyorini.Y., Pintowantoro. S. 2019. Black Soldier Fly Biowaste Treatment and Its Recycle Waste to Produce Chitosan. Department of Material and Metalurgical Engineering : SIDI Conference
- Alvarez, L. 2012. A Dissertation: The Role of Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (L.) (Diptera: Stratiomyidae) in Sustainable Management in Northern Climates. University of Windsor. Ontario.
- Badenhorst, R. 2017. Genetic Diversity in a Commercial Black Soldier Fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae), population : Stellen University
- Berezina, Natalie. 2016. *Production and application of chitin*. *Physical Sciences Reviews*. 2016; 20160048.
- Beski SSM, Swick RA, Ijil PA. . Specialised Protein Product In Broiler Chicken Nutrition : A review. *Anim Nutr*. 1:47-53
- Blair.E.D., Hekmat.O., Schuttelkopf.A.W. 2006. Structure and Mechanism of Chitin Deacetylase from the Fungal Pathogen *Colletotrichum lindemuthianum*. *Biochemistry* 2006, Vol 45 No 31, 9416-9426 : American Chemical Society.
- Brett A., Christopher R. 2005. *Acc. Chem. Res.* 308:653-661
- Bodri MS, Cole ER. 2007. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens* Linneaus) as feed for the American Alligator (*Alligator mississippiensis* Daudin) Georgia *J Science* 65 (2) : 82-88.
- Bondari K, Sheppard DC. 1981. Soldier fly larvae as feed in commercial fish production. *Aquaculture* 24: 103–109.
- Bondari, K., and Sheppard, D. C. (1987). Soldier fly, *Hermetia illucens* L., larvae as feed for channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque), and blue tilapia, *Oreochromis aureus* (Steindachner). *Aquaculture Research*, 18(3), 209-220.

-
- Booth D.C. & C. Sheppard. (1984). Oviposition of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): eggs, masses, timing, and site characteristics. *Environmental Entomology*, 13, 421–423.
- Borowska.Z.W., Chelminiak.D.,Kaczmarek. 2014. Thermal stability of magnetic nanoparticles coated by blends of modified chitosan and poly(quaternary ammonium) salt. *J therm Anal Calorim* 119;499-506 : Springer.
- Bosch G, Zhang S, Dennis GABO, Wouter HH. 2014. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *J Nutr Sci*. 3:1-4
- Bough, W.A., Salter, W.L. 1978. Influence of Manufacturing Variable on the Characteristic and Effectiveness of Chitosan Products. I. Chemical Composition, Viscosity, and Molecular Weight Distribution of Chitosan Product. *Biotechnology and Bioengineering*, Vol. XX, Pp 1931-1943. John Wiley & Sons. Inc.
- Bullock, N., Chapin, E., Evans, A., Elder, B., Gibens, M., Jeffay, N., Pierce, B., Robinson, W. 2013. **The Black Soldier Fly – How to Guide**. Ontario: University of Windsor.
- Caruso, D., Devic, E., Subamia, W., Talamond, P., Baras, E. 2014. Technical Handbook of Domestication and Production of Diptera Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens*, Stratiomyidae. IPB Press : 978-979-493-610-8.
- Chen.Y., Chung.C. 2012. Antibacterial effect of water-soluble chitosan on representative dental pathogens *Streptococcus mutans* and *Lactobacilli brevis*. *China University of Science and Technology : J Appl Oral Sci*.
- Corazzari. I., Nistico.R., Turci.F. 2015. Advanced physico-chemical characterization of chitosan by means of TGA coupled on-line with FTIR and GCMS: Thermal degradation and water adsorption capacity. *Polimer Degradation and Stability* 112 1-9 : Elsevier.
- Cummins Jr, V.C., Rawles, S.D., Thompson, K.R., Velasquez, A., Kobayashi, Y., Hager, J., & Webster, C.D. (2017).
-

- Evaluation of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae meal as partial or total replacement of marine fish meal in practical diets for Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture*, 473, 337–344
- DiCloro, W., Kaufman, E. 2009. Black Soldier Fly *Hermetia illucens* Linnaeus (insecta: Diptera: Stratiomyidae) : Ifas Extension : University of Florida : EENY 461
- Diener S, Zurbrügg C, Tockner K (2009) Conversion of organic material by black soldier fly larvae: establishing optimal feeding rates. *Waste Management & Research* 27: 603-610.
- Diener, S. 2010. A Desertation : Valorisation of Organic Solid Waste using the Black Soldier Fly, *Hermetia Illucens*, in Low and Middle-Income Countries. Swiss: ETH Zurich.
- Diener, S., Solano, N.M.S.,Gutierrez, F.R., Zurbrugg,C.,Tockner,K. 2011. Biological Treatment of Municipal Organic Waste Using Black Soldier Fly Larvae. *Waste Biomass Valor*, 2 : 357-363
- Dierenfeld, E. S., and King, J. D. (2008). Digestibility and mineral availability of Phoenix worms, *Hermetia illucens*, ingested by mountain chicken frogs, *Leptodactylus fallax*. *Journal of Herpetological Medicine and Surgery*, 18(3/4), 100-105.
- Direktorat Pengolahan Sampah.2017.Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional : Direktorat Jendral Pengolahan Sampah, Limbah, dan B3 : Kementerian Lingkungan Hidup
- Dompeipen, J.E., Kaimudin M., Dewa, P.R. 2016. Isolasi Kitin Dan Kitosan Dari Limbah Kulit Udang. Balai riset dan standarisasi Industri Ambon : Kementerian Perindustrian.
- Dortmans, B., Diener, S., Verstappen, B., Christian, Z. Black Soldier Fly Biowaste Precessing. A Step by Step Guide. 2017. Sandec: Department of Sanitation, Water and Solid Waste for Development : Eawag
- Draget KI. 1996 Association phenomenon in highly acetylated chitosan gel. *Polym Gels Netw*; 4: 143-51.
- Finke MD. 2012. Complete Nutrient Content of Four Species of Feeder Insects. *Zoo Biol*. 32(1): 27-36.

-
- Fu, B.A., Chen, M. Q., Huang, Y.W.2016. Combined Effects of Additives and Power Levels on Microwave Drying Performance of Lignite Thin Layer. *Drying Technology* : Taylor % Francis Group.
- Fujita, A.I., 2004. Lysozymes in insects: what role do they play in nitrogen metabolism? *Physiol. Entomol.* 29, 305–310.
- Gaikar, V.G., Dandekar, D.V., 2007. Microwave Assisted Extraction Of Curcuminoids From *Curcuma Longa*. *Separation Science and Technology* 37:11, 2669-2690, DOI: 10.1081/SS-120004458.
- Goncalves.P.C., Genova.D.M., Dorr.A.P., Pinto.E., Bastos.L.E. 2013. Effect of dielectric microwave heating on the color and antiradical capacity of betanin. *Journal Food Engineering* 118 49-55 : Elsevier.
- Goy.R.C., Morais.S.T., Assis. O.B. 2015. Evaluation Of The Antimicrobial Activity Of Chitosan And Its Quaternized Derivative On *E. Coli* And *S. Aureus* Growth. *Brazilian Journal of Pharmacognosy* : Elsevier.
- Greenwood, N.N., *Index of Vibration Spectra of Inorganic and Organometallic Compounds*. International Science Series : CRC Press.
- Gromade, V., Kulkarni, V., Doiphode, N., Rajamohanam, P.R., Deshpande, M.V. 2010. Chitin Deacetylase: A Comprehensive Account on Its Role in Nature and its Biotechnology Applications. *Current Research, Technology and Education Topics in Applied Microbiology and Microbial Biotechnology Formatex*.
- Gupta KC, Jabrail FH. 2006. Effects of degree of deacetylation and crosslinking on physical characteristics, swelling and release behavior of chitosan microspheres. *Carbohydr Polym*; 66: 43-54
- Hartman, D. 2011. Perfecting Your Spread Plate Technique. *Journal of Microbiology & Biology Education* : American Society for Microbiology.
-

-
- Hefian, E.A., Nasef, M.M., Yahaya, A.H. 2010. The Preparation and Characterization of Chitosan / Poly (Vinyl Alcohol) Blended Films. *E-Journal of Chemistry* 1212 - 1219 : ISSN: 0973-4945.
- Helander I, Nurmiaho-Lassila E, Ahvenainen R, Rhoades J, Roller S. 2001. Chitosan disrupts the barrier properties of the outer membrane of Gram-negative bacteria. *Int J Food Microbiol*; 71: 235-44
- Hem, S. 2011. Final Report : Maggot- Bioconversion Research Program in Indonesia, Concept of New Food Resources Result and Application 2005 – 2011. France : Institut de Recherche pour le Developpement.
- Hoon Il OH, Yong Jin KIM, Eun Jung CHANG & Jee Young KIM (2001) Antimicrobial Characteristics of Chitosans against Food Spoilage Microorganisms in Liquid Media and Mayonnaise, *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 65:11, 2378-2383, DOI: 10.1271/bbb.65.2378
- Jia, Ning dkk. 2010. "Microwave-assisted synthesis and characterization of Cellulose-carbonated". *Material Letter* 64 (July): 2223-2225.
- Kappe. C. O.2004. Controlled Microwave Heating in Modern Organic Synthesis. *Angew.Chem.Int.Ed.*2004,43,6250–6284 : Wiley.
- Katayane AF, Wolayan FR, Imbar MR. 2014. Produksi dan kandungan protein maggot (*Hermetia illucens*) dengan menggunakan media tumbuh berbeda. *J Zootek*. 34 : 27-36
- Kenis, M., Koné, N., Chrysostome, C. A. A. M., Devic, E., Koko, G. K. D., Clottey, V. A., And Mensah, G. A. (2014). Insects used for animal feed in West Africa. *Entomologia*, 2(2).
- Khan, Tanveer., Peh, Khiang., Seng, Hung. 2001. Reporting Degree of Deacetylation Value of Chitosan: The Influence of Analytical Methods. *Journal Pharm Pharmaceut Sci*. 5(3): 205-212.
- Knidri, H., Khalfaouy.E., Lahsini. 2016. Eco-Friendly Extraction And Characterization Of Chitin And Chitosan From The
-

- Shrimp Shell Waste Via Microwave Irradiation. Process Safety and Environment Protection : Sidi Mohamed Ben Abdellah University.
- Knidri, H., Belaabed, R., Laajeb, A. 2017. Physicochemical Characterization of Chitin and Chitosan Produced from *Parapenaeus Longirostris* Shrimp Shell Wastes. *Journal of Materials and Environmental Science* : JMES Vol 8 3648 – 3653, ISSN : 2028-2508.
- Kroeckel, S., Harjes, A. G., Roth, I., Katz, H., Wuertz, S., Susenbeth, A., And Schulz, C. (2012). When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as fish meal substitute—Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (*Psetta maxima*). *Aquaculture*, 364, 345-352.
- Lamond, J., Bhattacharya, N., Bloch, R. 2012. The Role of Solid Waste Management as A Response to Urban Flood Risk in Developing Countries, A Case Study Analysis. Bristol : University of the West England.
- Larde G. 1990. Recycling of Coffee Pulp by *Hermetia illucens* (Diptera : Stratiomyidae) larva. *Biol Wates* 33: 307-310.
- Lemaitre, B., Miguel-Aliaga, I., 2013. The digestive tract of *Drosophila melanogaster*. *Annu. Rev. Genet.* 47, 377–404.
- Li, Q., Zheng, L., Qiu, N., Cai, H., TOMBERLIN, J.K. and YU, Z. (2011). Bioconversion of dairy manure by black soldier fly (Diptera: Stratiomyidae) for biodiesel and sugar production. *Waste Management*, 31(6), pp. 1316-1320.
- Liu, S. (2017). An Overview of Biological Basics. *Bioprocess Engineering*, 21–80 : Elsevier
- Liu X, Yun L, Dong Z, Zhi L, Kang D. Antibacterial action of chitosan and carboxymethylated chitosan. *J Appl Polym Sci* 2001; 79(7): 1324-35
- Lotte, Decraene. 2016. Inclusion Of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Larvae Meal In The Diet For Laying Quails: Effect On Live Performances And Eggs Quality. *Faculteit Bio-Ingenieurswetenschappen. Universiteit Gent*

-
- M.G. Peter, A. Domard, R.A.A. Muzzarelli, *Advance in Chitin Science*, vol. 4, Potsdam, Vol.Germany, 2000.
- Moussout.M., Ahlafi.H., Aazza.M. 2016. *Kinetics And Mechanism Of The Thermal Degradation Of Biopolymers Chitin And Chitosan Using Thermogravimetric Analysis. Polymer Degradation and Stability* 130 1-19: Elsevier.
- Muzarelli, RA. & Rocchetti, R. 1985. *Determination of the Degree of Acetylation of Chitosans by First Derivative Ultraviolet Spectrometry. Carbohydrate Polymers* 5. 461-472.
- Negrea, P., Caunii, A., Sarac, I., Butnariu, M. 2015. *The Study Of Infrared Spectrum Of Chitin And Chitosan Extract As Potential Sources Of Biomass. Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures : Vol. 10, No. 4.*
- Newton, GL, Booram CV, Barker RW, Hale OM. 1977. *Dried Hermetia illucens larvae meal as a supplement for swine. J Animal Science* 44(3): 395-400.
- Newton L, Sheppard C, Watson DW, Burtle G, Dove R. 2005. *Using the black soldier fly, Hermetia illucens, as a value-added tool for the management of swine manure, Directo. of the Animal and Poultry Waste Management Center: North Carolina State University, Raleigh, NC.*
- Osborne, T.B. (1907). *The proteins of the wheat kernel. Carnegie Inst.:Washington,DC.*
- Palou.R.M. 2007. *J. Mex Chem. Soc.* 51(4) : 252-264
- Peng. Zhiwei., Hwang, Y.J. 2014. *Microwave-Assisted Metallurgy. International Materials Reviews Institute of Materials, Minerals and Mining and ASM International : Maney for the Institute and ASM International.*
- Prameela, K., Mohan, C.M., Smitha, P.V., Hemalatha, K.P.J. 2010. *Bioremediation of Shrimp Biowaste by Using Natural Probiotic for Chitin and carotenoid Production an Alternative Method to Hazardous Chemical Method. International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology Volume: I: Issue-3: Nov-Dec-2010.*
-

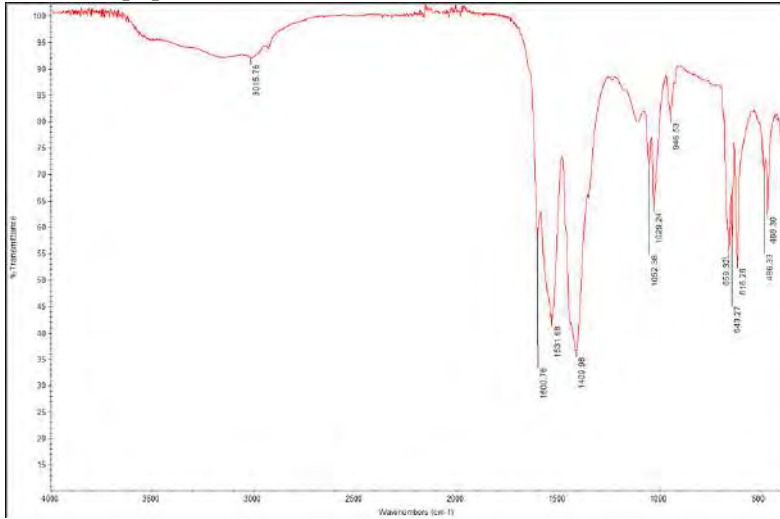
-
- Purnawan.C., Hidayat.N.A., Kartini.I.2008. Study Of Thermal Analysis Of Chitin-Chitosan From Shrimp's Shell By Using Thermogravic Analysis And Differential Thermal Analysis (TGA-DTA). Sains dan Terapan Kimia, vol. 2 No 2 44-52.
- Qiao.C., Ma.X., Wang.X. 2019. Effect Of Water On The Thermal Transition In Chitosan Films. Polymer Crystallization. 2019;e10092 : Wiley Periodical Inc.
- Queiroz, M.F., Melo, K.R., Sabry, D.A., Sasaki, G.L. 2015. Does the Use of Chitosan Contribute to Oxalate Kidney Stone Formation?. Journal Marine Drugs : ISSN 1660-3397.
- Rachmawati (2010). Life history of *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Diptera: Stratiomyidae) on decaying Palm Kernel Meal. Thesis Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor, Indonesia, 83 pp
- Rinaudo, M. 2006. Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources, Structure, Properties and Application. Marine Drugs 2015, 13, 1133-1174.
- Rout, S.K. 2001. Physicochemical, Functional and Spectroscopic Analysis of Crawfish Chitin and Chitosan as Affected by Process Modification. Desertation Department of Food Science : UMI Microform.
- Sajna, K.V., Gottumukkala, L.D., Sukumaran, R.K., Pandey, A. 2015. White Biotechnology in Cosmetic. National Institute for Interdisciplinary Science and Technology : Elsevier.
- Shamsuddin.M.S., Sarker.M., Zakir. 2016. Preparation, Characterization And Performance Evaluation Of Chitosan As An Adsorbent For Remazol Red. International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET) : ISSN: 2454-5031
- Sheppard DC, Newton GL, Thompson SA, Savage S. 1994. A value added manure management system using the Black Soldier Fly. Bioresource Technol 50: 275-279.
- Shiau, S.Y., Yu, Y.P., 1999. Dietary supplementation of chitin and chitosan depresses growth in tilapia, *Oreochromis niloticus* × *O. aureus*. Aquaculture 179, 439-446.
-

- Song, Z., Yao, L., jing.C. 2016. Experimental Study on the Characteristics of Ignition during Microwave Drying of Lignite. Energy Technology : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Spranghers. Thomas, 2016. Nutritional Composition of Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. Journal of the Science of Food and Agriculture : Wiley Online Library.
- St-Hilaire S, Sheppard C, Tomberlin JK, Irving S, Newton L, McGuire MA, Mosley EE, Hardy RW, Sealey W. 2007. Fly prepupae as a feedstuff for Rainbow Trout. *Oncorhynchus mykiss* J World Aquaculture Soc 38(1): 59–67.
- Sumnu. G. 2000. A Review On Microwave Baking Of Foods. International Journal of Food Science and Technology 2001, QT, 117-127 : Blackwell Science Ltd.
- Synowiecki, J., Khateeb. 1999. The recovery of protein hydrolysate during enzymatic isolation of chitin from shrimp *Crangon crangon* processing discards. Technical University of Gdansk Poland ; Elsevier.
- Synowiecki, J.; Alkhatee, N.A.2003. Production, Properties, and Some New Application of Chitin and Its Derivatives. Crit. Review Food Science and Nutrient, 43, 145-171.
- Szymanska, E. Winnicka, K. 2015. Stability of Chitosan—A Challenge for Pharmaceutical and Biomedical Applications. Mar. Drugs 2015, 13, 1819-1846 : MDPI.
- Tokuyasu, K., Kaneko, S., Hayashi, K., and Mori, Y. 1999. Production of Recombinant Chitin Deacetylation in the Culture Medium of *Escherida coli* Cells. Journal FEBS. 458:23-26
- Tomberlin J.K. & D.C. Sheppard (2002). Factors influencing mating and oviposition of black soldier flies (Diptera: Stratiomyidae) in a colony. Journal of Entomological Science 37, 345–352.

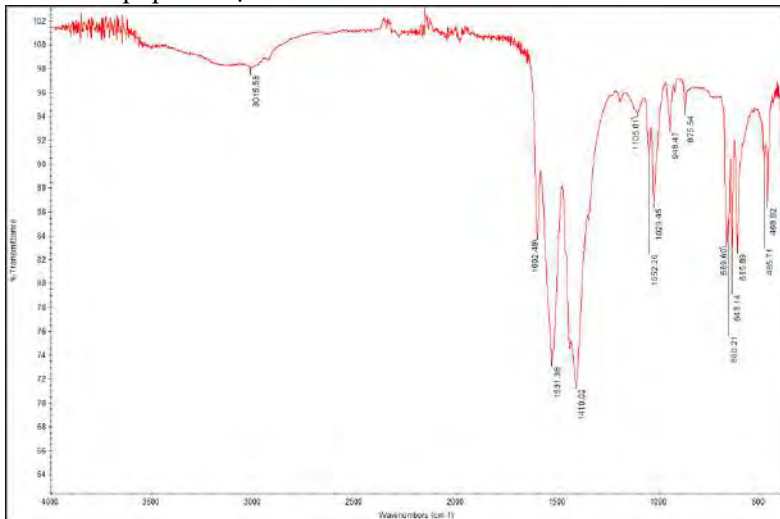
-
- Tsigos, I., Martinou, A., Kafetzopoulos, D., dan Bouriotis, V. 1995. Chitin Deacetylases : New, Versatile Tools in Biotechnology. *Tibtech* July 2000 (Vol.18).
- Usman. A., Zia. M.K., Zuber.M., Tabasum.S., Rehman.S., Fatima.Z., 2016. Chitin and chitosan based polyurethanes: A review of recent advances and prospective biomedical applications. *BIOMAC 5813 : International Journal of Biological Macromolecules*
- Varsha, Thomas; *et al.* 2013. *Fabrication, Characterization of Chitosan/Nanosilver Film and Its Potential Antibacterial Application.* *Journal of Biomaterials Science* 20. 2129-2144.
- Wardhana HA. 2016. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) sebagai Sumber Protein Alternatif untuk Pakan Ternak. *Wartazoa : Balai Besar Penelitian Veteriner.*
- Waśko, A., Berecka, M., Bulak, P., Nowak, K. 2016. The First Report of the Physicochemical Structure of Chitin isolated from *Hermetia illucens*. *International Journal of Biological Macromolecules : Research Gate.*
- Yuan.Y., Chesnutt. M.B., Haggard O.W. 2011. Deacetylation of Chitosan: Material Characterization and in vitro Evaluation via Albumin Adsorption and Pre-Osteoblastic Cell Cultures. *Materials* 2011, 4, 1399-1416 : ISSN 1996-1944.
- Zhao,P., Liu, P., Qu, W. 2019. Effect of Temperature and Microwave Power Levels on Microwave Drying Kinetics of Zhaotong Lignite. *Processes* 2019, 7, 74 : MDPI.
- Zheng, L., Hou, Y., Li, W., Yang, S., Li, Q., & Yu, Z. (2012). Biodiesel production from rice straw and restaurant waste employing black soldier fly assisted by microbes. *Energy*, 47(1), 225-229.
-

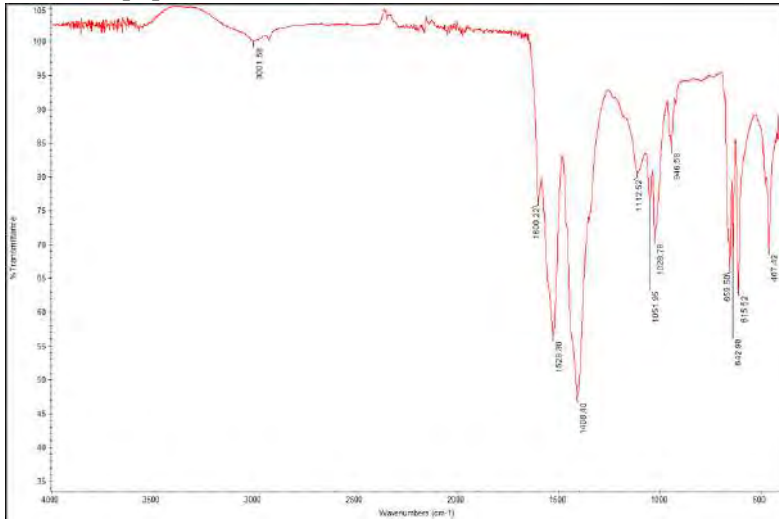
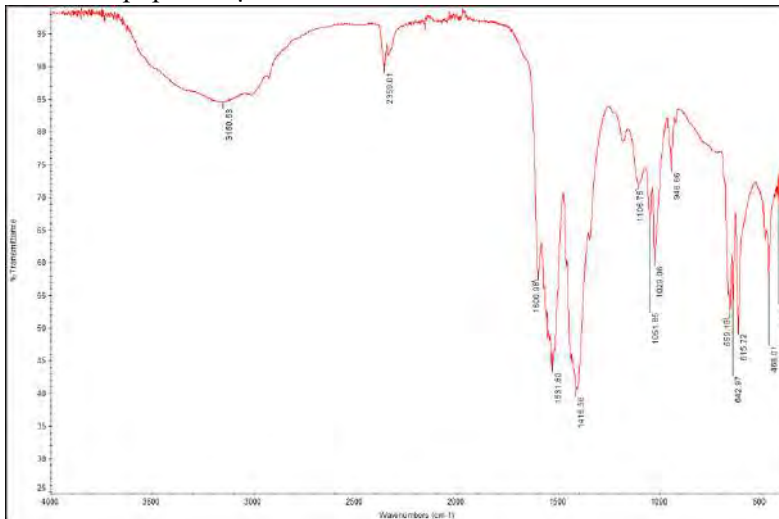
LAMPIRAN

A. DATA PENGUJIAN FTIR FTIR- Prepupa 560 μm 720 Watt

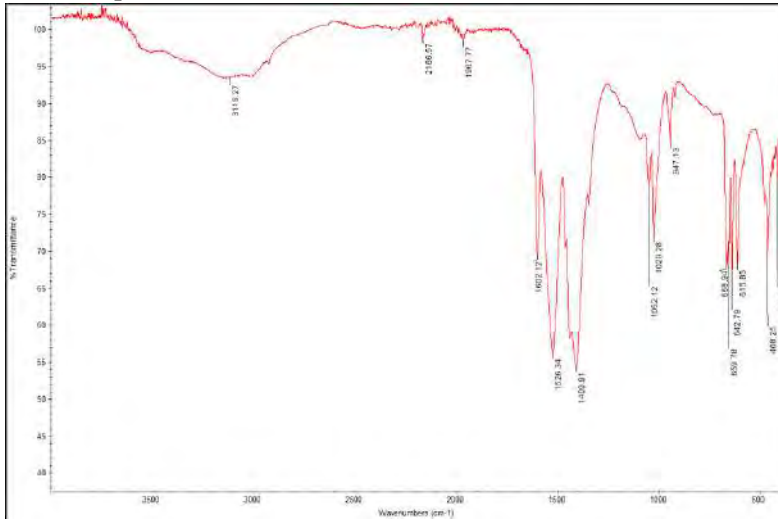


FTIR- Prepupa 560 μm 900 Watt

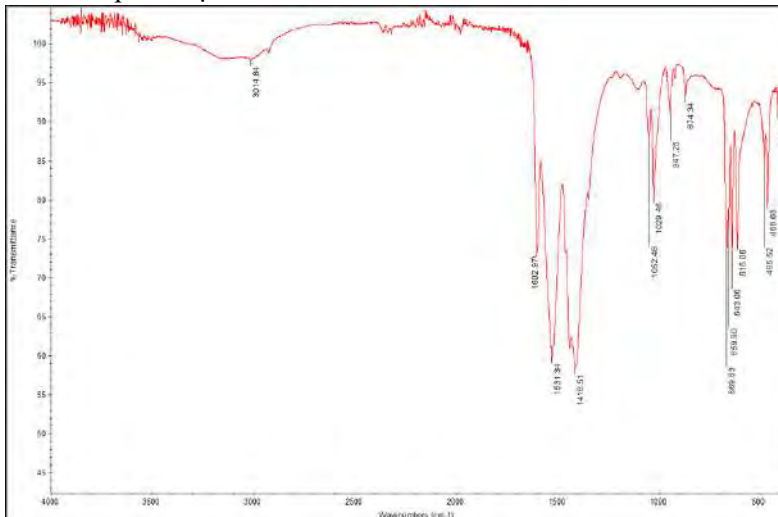


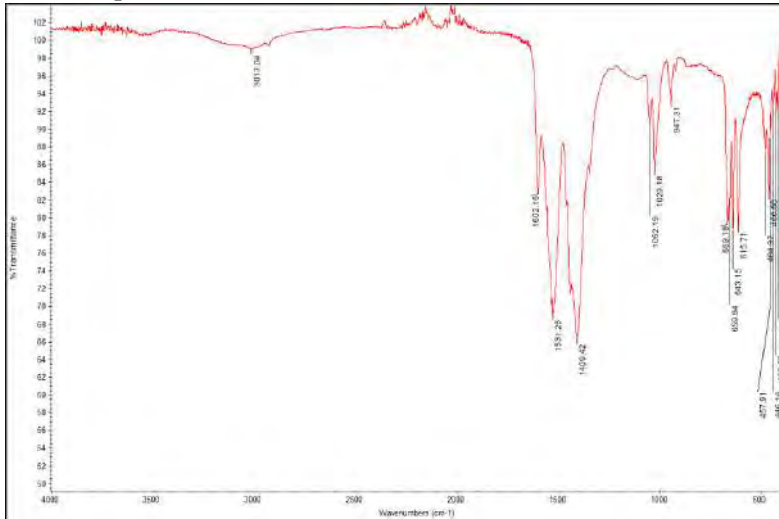
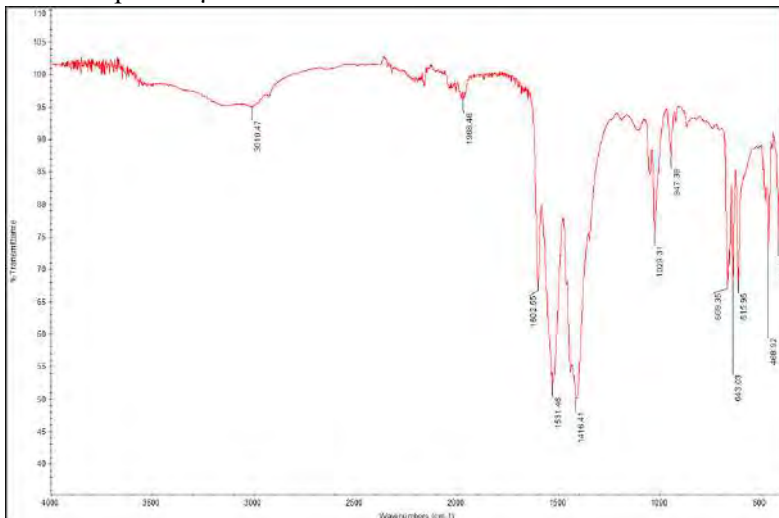
FTIR- Prepupa 112 μm 720 WattFTIR- Prepupa 112 μm 900 Watt

FTIR- Pupa 560 μm 720 Watt

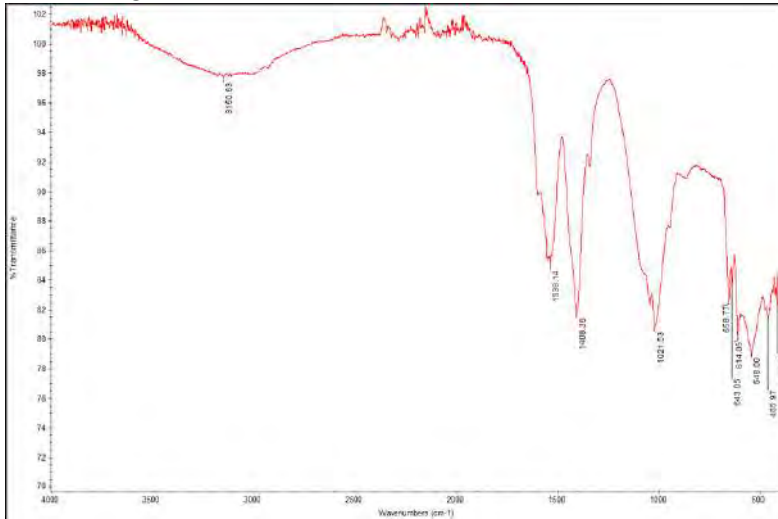


FTIR- Pupa 560 μm 900 Watt

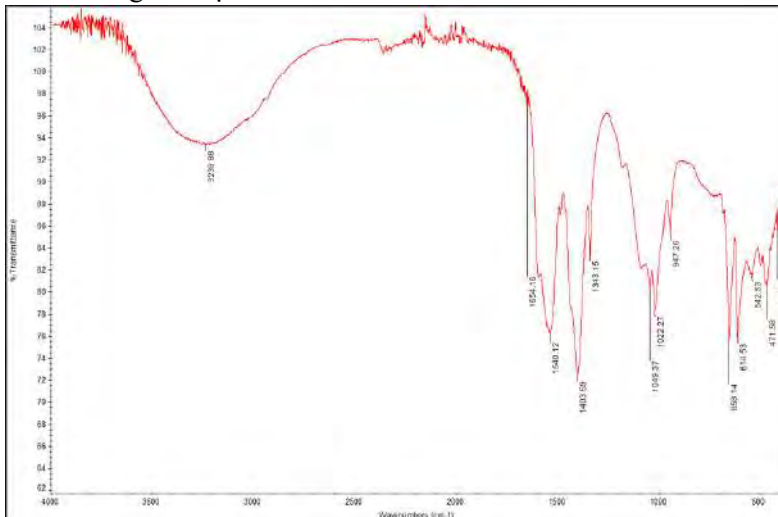


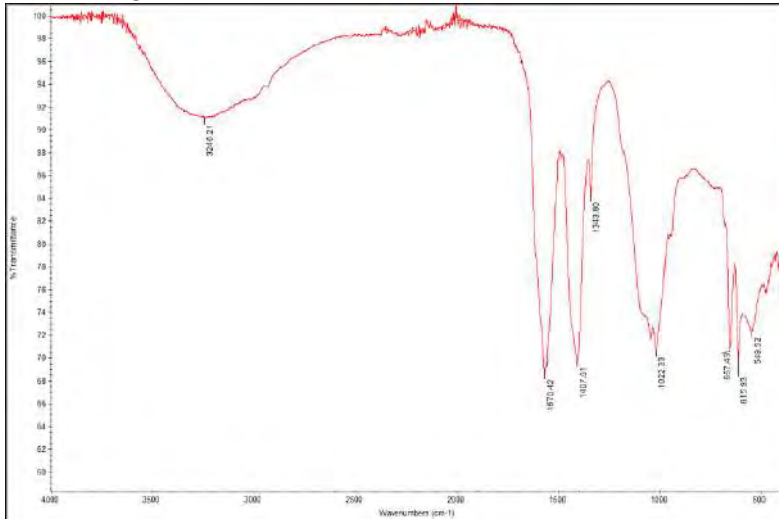
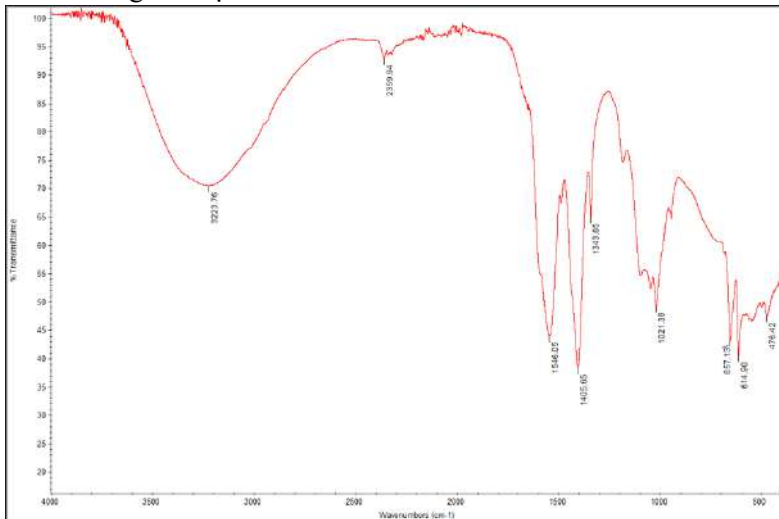
FTIR- Pupa 112 μm 720 WattFTIR- Pupa 112 μm 900 Watt

FTIR- Imago 560 μm 720 Watt



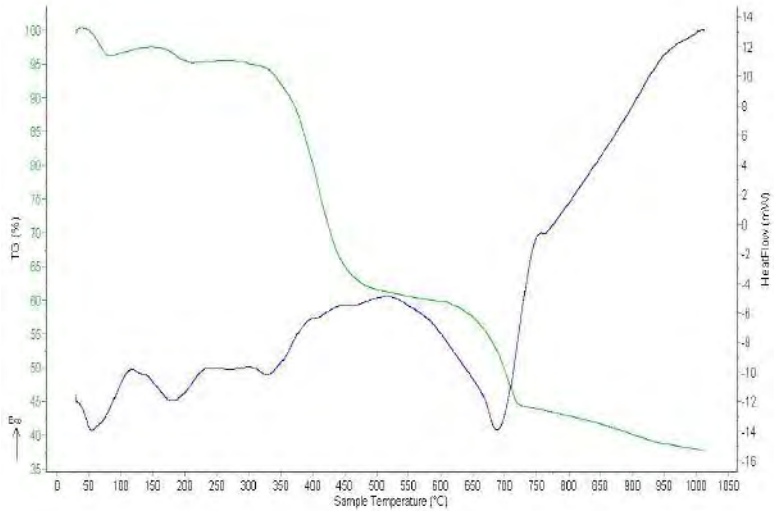
FTIR- Imago 560 μm 900 Watt



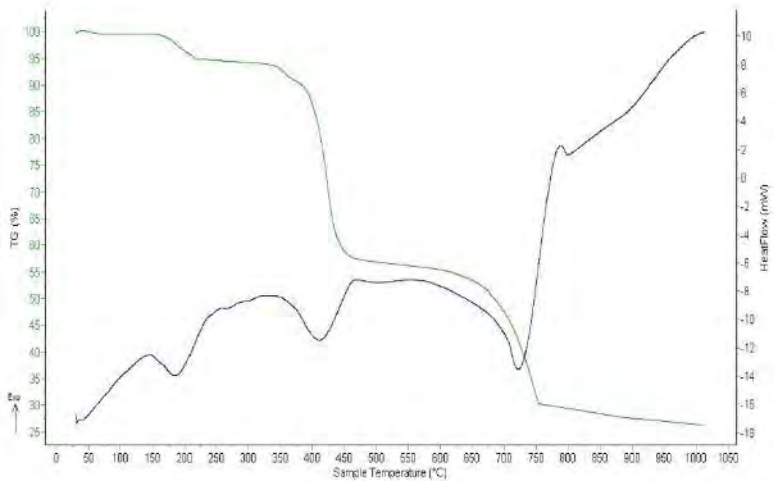
FTIR- Imago 112 μm 720 WattFTIR- Imago 112 μm 900 Watt

B. DATA PENGUJIAN TGA/DSC

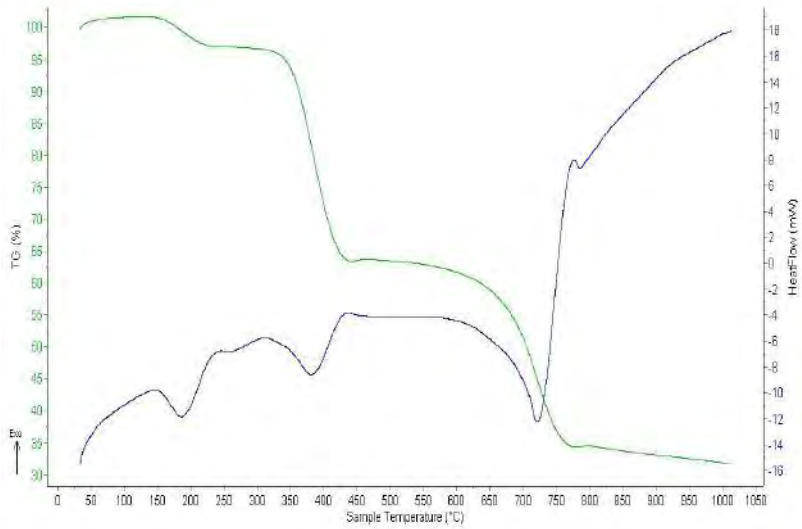
TGA/DSC Prepupa 720 Watt



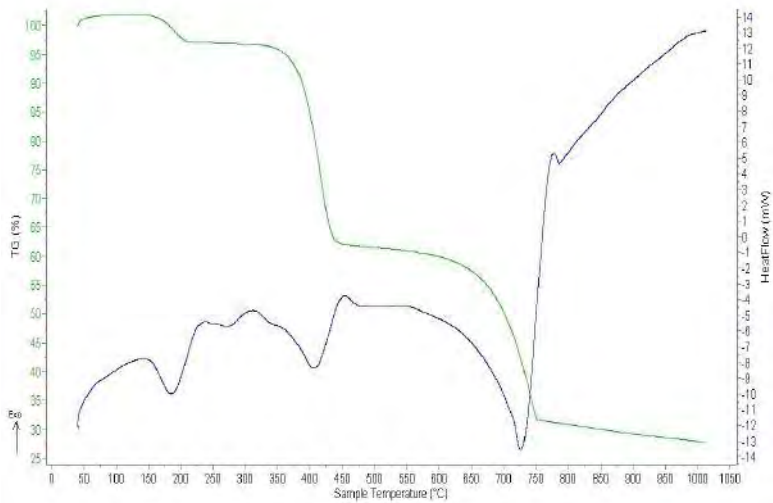
TGA/DSC Prepupa 900 Watt



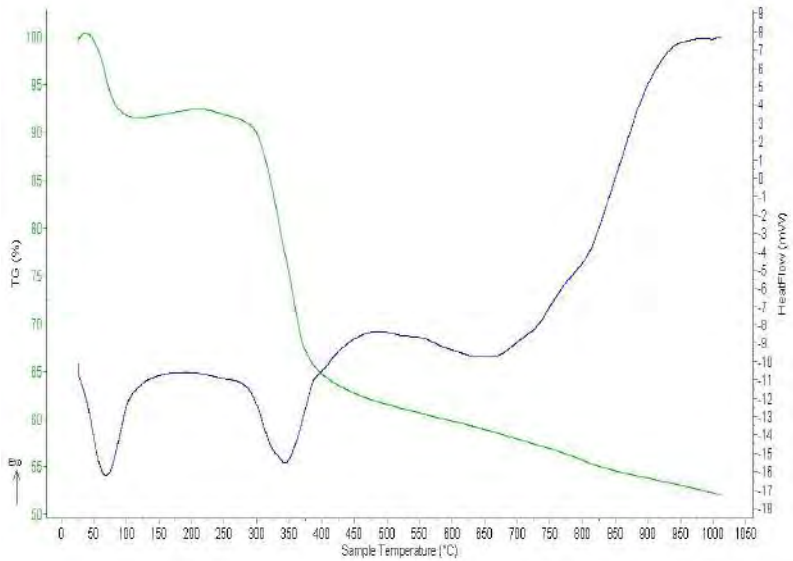
TGA/DSC Pupa 720 Watt



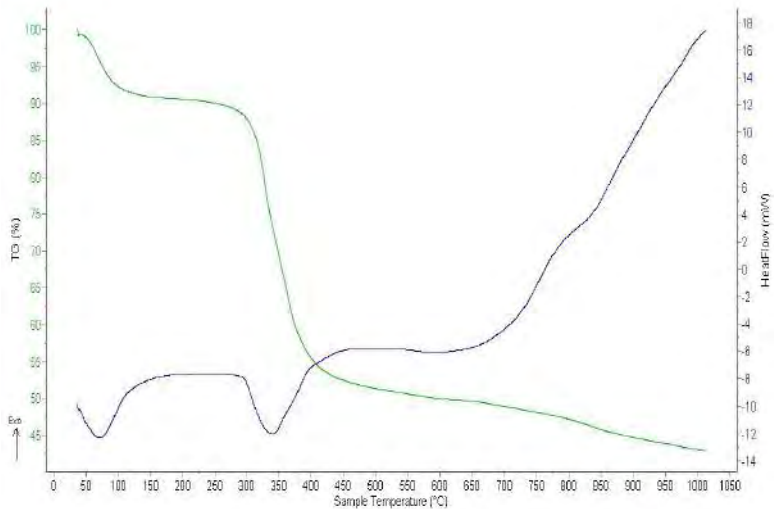
TGA/DSC Pupa 900 Watt



TGA/DSC Imago 720 Watt



TGA/DSC Imago 900 Watt



Sustainable
Island
Development
Initiatives*Green technology of waste management
with additional economic value*

Black Soldier Fly Biowaste Treatment and Its Recycle Waste to Produce Chitosan

S Pintowantoro¹, Y Setiyorini¹, A M Aljauhari¹, F Abdul¹, H Nurdiansah¹

¹Department of Materials and Metallurgical Engineering, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, Indonesia

Abstract. Recycling organic of house waste still remains fairly limited especially in urban area with low- and middle-income. A novel approach is developing method to manage the organic waste conversion using larvae *Black Soldier Fly* (BSF). The advantage of this approach links to the green technology waste management which no pollutant effect to the environment as well as increase the added value economically. The research project successfully presented organic house waste conversion into high protein of animal feeding source. From the 5 dol of larvae BSFs (approximately 17 gram), it was reduced organic waste \pm 12 kg/day-rack. Within 10 days, the larva BSFs of 17 dol was consumed organic waste \pm 120 kg/rack, with increase their weight to become approximately 12 kg/rack. The larva BSF of 17 dol is potentially as animal feeding source that contain a high of protein. Furthermore, the waste from BSF's cycle life is potentially to convert into chitosan, due to contain of chitin. Chitosan was produced from the waste of larvae skin, pupa skin and insect imago death. In general, this organic waste management is offering to green organic waste management in the future.

Keywords: Biowaste treatment, Black Soldier Fly, Organic Waste, Chitosan



Sidi.its.ac.id/conference








Lampiran I

Daftar Nama Tim Yang Lolos Seleksi

No.	Nama Team	Kampus
1	Usaha Arang Kayu Jati Untuk Pande Besi * UD hasil Limbah *	Universitas Semarang (USM)
2	Bala Bala Bear	Universitas Bina Sarana Informatika
3	PT. JIMC Karya - NUKS (The Security Of Bird Cage) IoT	Institut Teknologi Indonesia
4	Anindosta Studios	Universitas Djuanda
5	Baratani	Universitas Udayana
6	Making Indonesia's Education 4.0 with School Management System	Politeknik Negeri Batam
7	4Happy Studio (Save Culture With Game)	Politeknik Negeri Batam
8	Biozfer	Universitas Airlangga
9	Rexic	Institut Teknologi Sepuluh November
10	Rumah Produksi Sefruit Visual ID	Universitas Tidar
11	knowleJ.id	Universitas Padjajaran
12	YCA	Universitas Amikom Yogyakarta
13	Flamboz Printing	Universitas Islam Bandung
14	Ilios	Universitas Agung Podomoro



**PERJANJIAN KERJASAMA
UPT INKUBATOR INDUSTRI ITS**

Tentang

PELAKSANAAN PROGRAM PENDANAAN STARTUP STP 2019

Pada hari ini Jum'at tanggal Dua Puluh Delapan, bulan Juni tahun Dua ribu Sembilan Belas, yang bertanda tangan dibawah ini :

- I **Ary Bachtiar Krishna Putra, ST., MT., Ph.D** : Selaku Kepala UPT Inkubator Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya untuk dan atas nama Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya, yang berkedudukan di Gedung Research Center Lt. 8. Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, kode pos 60111, untuk selanjutnya sebagai PIHAK PERTAMA;
- II **Abu Muslim Aljauhari** : Selaku CEO, dalam hal ini bertindak untuk dan atas produk REXIC, yang berkedudukan di Dusun Cempleng, Desa Brengkok, Kec Brondong, Kab Lamongan RT 01 RW 10, 3524072512960005, untuk selanjutnya disebut sebagai "PIHAK KEDUA".

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Abu Muslim Aljauhari. Lahir di Lamongan, 25 Desember 1996. Penulis telah menempuh Pendidikan formal di SDN Sedayulawas III (2003 - 2009), SMPN 1 Lamongan (2009 – 2012). SMAN 1 Surabaya (2012 – 2015) dan Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIR – ITS melalui program SBMPTN Tulis tahun 2015 dan terdaftar dengan NRP 0251154000073.

Di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, penulis aktif sebagai Anggota Divisi Syiar Lembaga Dakwah Jurusan. Dan sebagai mahasiswa ITS penulis aktif di organisasi kewirausahaan.

Tugas akhir yang diambil penulis dalam bidang ekstraksi adalah **“Ekstraksi Kitosan Dari Limbah Kulit Prepupa, Pupa, Dan Bangkai Imago Black Soldier Fly (*Hermetia Illucens*) Untuk Menghasilkan Material Anti Bakteri”**.

Abu Muslim Aljauhari

082230122353