



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Bogor Agricultural U

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2019**





© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis berjudul Optimasi Ekstraksi Larva *Hermetia illucens* dengan *Response Surface Modelling* dan Kualitas Asam Amino serta Aktivitas Antibakteri adalah benar karya saya dengan arahan dari komisi pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2019

Mohammad Miftakhus Sholikin
NIM D251170328

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RINGKASAN

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN. Optimasi Ekstraksi Larva *Hermetia illucens* dengan *Response Surface Modelling* dan Kualitas Asam Amino serta Aktivitas Antibakteri. Dibimbing oleh NAHROWI dan ANURAGA JAYANEGERA.

Larva *Hermetia illucens* (LHi) adalah bahan pakan alternatif sumber protein dan bertindak sebagai pakan fungsional dalam industri perunggasan. Penelitian ini bertujuan untuk mencari titik optimal proses ekstraksi alkali LHi dan mengevaluasi kualitas asam amino dan aktivitas antibakteri. *Response Surface Modelling* (RSM) digunakan untuk mengoptimalkan proses ekstraksi alkali LHi dan penilaian rendemen ekstrak. RSM menggunakan tiga level untuk setiap variabelnya (tiga variabel) berdasarkan desain *Box-Behnken*. Metode ekstraksi menggunakan prosedur ekstraksi alkali dengan variabel X_1 = konsentrasi NaOH, X_2 = konsentrasi HCl, dan X_3 = volume presipitasi. Uji zona hambat menggunakan *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium* dan *Escherichia coli*.

Hasil validasi model memiliki nilai *lack of fit* yang lebih dari ($P>0.05$), hal ini menunjukkan bahwa model tersebut valid. Indeks asam amino esensial (IAAE) LHi utuh dan ekstrak masing-masing adalah 95.96% dan 99.57%. Nilai biologis (NB) LHi utuh dan ekstrak adalah 92.90% dan 96.83%. LHi utuh dan ekstrak tidak memperlihatkan aktivitas antibakteri dalam menghambat bakteri gram positif dan gram negatif. Zinc-bacitracin memiliki zona hambat 23.00, 19.50, 14.00 dan 19.07 mm secara berurutan menghambat bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6051, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 dan *Escherichia coli* ATCC 8639. Simpulan penelitian ini adalah titik optimum yang diperoleh RSM ekstraksi alkali adalah NaOH 2.35 M, HCl 2.76 M, dan volume presipitasi 25.28 ml dengan rendemen ekstrak 23.03%. Kualitas IAAE dan NB LHi ekstrak lebih tinggi daripada LHi utuh. Ekstrak LHi tidak mengindikasikan aktivitas antibakteri.

Kata kunci: aktivitas antibakteri, ekstraksi alkali, *Hermetia illucens*, indeks asam amino esensial, *response surface modelling*.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



SUMMARY

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN. Optimization of Larvae *Hermetia illucens* Extraction Process Using Response Surface Modelling and Its Amino Acid Quality and Antibacterial Activities. Supervised by NAHROWI and ANURAGA JAYANEGARA.

Hermetia illucens larvae (HiL) is a protein source alternative and can act as functional feed in the poultry industry. This study aimed to optimize the HiL alkali extraction and evaluated the amino acid quality and antibacterial activity. Response surface modelling (RSM) was used to optimize the HiL extraction process and yield assessment. RSM following by three variables and three levels based on *Box-Behnken design*. The extraction method used alkali extraction procedure with variable X_1 = NaOH concentration, X_2 = HCl concentration, and X_3 precipitation volume. Inhibitory zone assay used *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Salmonella typhimurium* and *Escherichia coli*.

Validation of the model has a lack of fit value ($P>0.05$), indicate the model is valid. The essential amino acid index (EAAI) dried and extract HiL is 95.96% and 99.57%, respectively. Dried HiL and extract has biological values (BV), respectively, 92.90% and 96.83%. Dried HiL and extract did not have the antibacterial activity to inhibit gram-positive and gram-negative bacteria, besides that zinc-bacitracin has inhibitory zone 23.00, 19.50, 14.00 and 19.07 mm to inhibit *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6051, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 and *Escherichia coli* ATCC 8639, respectively. It can be concluded, the optimum points of the extraction process are NaOH 2.35 M, HCl 2.76 M, and precipitation volume 25.28 ml with yield 23.03%. The EAAI and BV of HiL extracts higher than dried HiL. HiL extracts did not present antibacterial activity.

Keywords: alkali extraction, antibacterial activity, essential amino acid index, *Hermetia illucens*, respon surface modelling.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

© Hak Cipta Milik IPB, Tahun 2019
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah; dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

OPTIMASI EKSTRAKSI LARVA *Hermetia illucens* DENGAN RESPONSE SURFACE MODELLING DAN KUALITAS ASAM AMINO SERTA AKTIVITAS ANTIBAKTERI

© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

MOHAMMAD MIFTAKHUS SHOLIKIN

Tesis
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Magister Sains
pada
Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan

**SEKOLAH PASCASARJANA
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2019**

Bogor Agricultural U



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tesis : Dr Ir Didid Diapari, MSi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Judul Tesis

: Optimasi Ekstraksi Larva *Hermetia illucens* dengan *Response Surface Modelling* dan Kualitas Asam Amino serta Aktivitas Antibakteri

: Mohammad Miftakhus Sholikin

: D251170328

Disetujui oleh

Komisi Pembimbing

Dr Anuraga Jayanegara, SPt MSc

Anggota

Prof Dr Ir Nahrowi, MSc

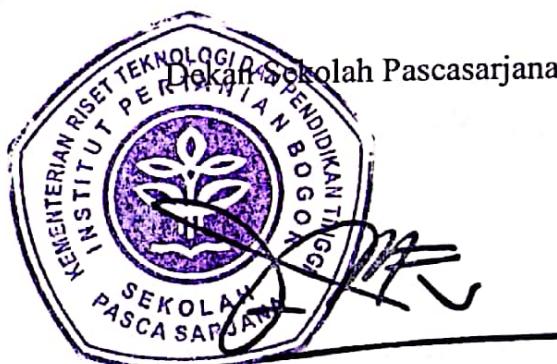
Ketua

Ketua Program Studi
Ilmu Nutrisi dan Pakan

Prof Dr Ir Yuli Retnani, MSc

Tanggal Ujian : 10 Mei 2019

Diketahui oleh



Prof Dr Ir Anas Miftah Fauzi, MEng

Tanggal Lulus : 28 JUN 2019

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Maret 2018 ini ialah teknologi pengolahan pakan, dengan judul Optimasi Ekstraksi Larva *Hermetia illucens* dengan *Response Surface Modelling* dan Kualitas Asam Amino serta Aktivitas Antibakteri.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Prof Dr Ir Nahrowi, MSc dan Bapak Dr Anuraga Jayanegara, SPt MSc selaku pembimbing, serta Dr Ir Didid Diapari, MSi yang telah banyak memberi saran. Terima kasih saya ucapkan kepada rekan-rekan yang telah mendukung penelitian ini, khususnya saudara Mochamad Dzaky Alifian, SPt MSi. Terima kasih kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia melalui hibah penelitian “Penelitian pendidikan magister doktor untuk sarjana unggul”, tahun 2018. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada ayah, ibu, serta seluruh keluarga, atas segala doa dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat.

Bogor, Mei 2019

Mohammad Mistakhush Sholikin

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vi
1 PENDAHULUAN	1
Latar Belakang	1
Tujuan Penelitian	2
Hipotesis	2
Perumusan Masalah	2
Manfaat Penelitian	2
2 METODE	3
Lokasi dan Waktu	3
Materi	3
Prosedur Penelitian	3
Ekstraksi larva <i>Hermetia illucens</i>	3
Uji komposisi nutrien	3
Kadar air	4
Kadar abu	4
Kadar protein kasar	4
Kadar lemak kasar	5
Kadar serat kasar	5
Kadar bahan ekstrak tanpa nitrogen	5
Uji profil asam amino	6
Uji kualitas asam amino	6
Uji aktivitas antibakteri	7
Rancangan Percobaan dan Analisis Data	7
Rancangan percobaan	7
Analisis data	7
3 HASIL DAN PEMBAHASAN	8
Kondisi Umum Proses Ekstraksi	8
<i>Response Surface Modelling</i> Proses Ekstraksi	10
Komposisi Nutrien, Profil Asam Amino, dan Aktivitas Antibakteri	13
4 SIMPULAN DAN SARAN	16
Simpulan	16
Saran	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN	19
RIWAYAT HIDUP	22

© Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Tiga level dari tiga variabel <i>response surface modelling</i>	7
Tabel 2.	Matrik <i>Box-Behnken design</i> dan rendemen eksperimen	11
Tabel 3.	Analisis varian koefisien model	12
Tabel 4.	Analisis varian validasi model	12
Tabel 5.	Prediksi rendemen optimum model	13
Tabel 6.	Komposisi nutrien	14
Tabel 7.	Komposisi asam amino esensial	15
Tabel 8.	Zona hambat	16

DAFTAR GAMBAR

Grafik 1	Interaksi pH awal terhadap variabel	8
Grafik 2	Interaksi pI terhadap variabel	9
Grafik 3	Interaksi rendemen terhadap pH awal dan pI	10
Grafik 4	Kounter plot dari model proses ekstraksi	13

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Skema proses ekstraksi larva <i>Hermetia illucens</i>	20
Lampiran 2	Kondisi umum proses ekstraksi larva <i>Hermetia illucens</i>	21

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1 PENDAHULUAN

Latar Belakang

Permasalahan dalam industri pakan unggas adalah penggunaan bahan pakan impor dan pelarang penggunaan antibiotik imbuhan pakan, yang mana kedua komponen tersebut diperlukan untuk meningkatkan produktivitas ternak unggas. Bungkil kedelai sebagai sumber protein utama dan banyak digunakan dalam industri pakan unggas di Indonesia, karena komposisi protein kasar tinggi lebih dari 40% dan kualitas nutrisi yang baik. Sebagian besar bungkil kedelai diimpor dari Brasil dan Argentina sebanyak 4,450,000.00 metrik ton (USDA 2017). Karena itu, sangat diperlukan untuk mencari alternatif, salah satunya adalah larva *Hermetia illucens* (LHi). Komposisi nutrien dari ekstrak LHi antara lain kadar air 7.05%, abu 9.52%, protein kasar 42.65%, lemak kasar 17.95%, kasar 6.98% dan Beta-N 15.85% (Mawaddah *et al.* 2018). LHi utuh dan ekstrak dalam nutrisi monogastrik, mampu meningkatkan konversi pakan (FCR) dan meningkatkan performa. Berdasarkan Spranghers *et al.* (2018), LHi utuh dapat menggantikan 8% kedelai dalam pakan tanpa menurunkan performa dari ternak babi. Selain itu, LHi dapat berperan sebagai pakan fungsional karena memiliki antibakterial peptida yang mampu menghambat bakteri patogen, misalnya, *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. Umur empat belas hari instar-5 LHi teridentifikasi memiliki antibakterial peptida, dikenal sebagai *Defensin Like Proteins* (DLPrs) (Vogel *et al.* 2018).

Kualitas asam amino dan peptida aktif antibakteri LHi dapat ditingkatkan dengan metode ekstraksi alkali. Metode ekstraksi protein menggunakan alkali sodium hidroksida (0.18% NaOH) dan dipresipitasi (*salting-out*) dengan asam klorida (0.1 M HCl) efektif meningkatkan protein beras hingga 79% lebih tinggi, dilaporkan oleh De Souza *et al.* (2016). Alkali digunakan untuk melarutkan protein dan memisahkannya dari komponen tak larut seperti kitin, sementara asam digunakan untuk mengendapkan protein dengan mengganggu stabilitas larutan. Menurut Park *et al.* (2014), ekstrak LHi menggunakan akuadestilata, etil asetat, dan kloroform yang kemudian dipurifikasi lebih lanjut memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri gram-positif *Staphylococcus aureus* KCCM 40881 dan *Staphylococcus epidermidis* KCCM 35494.

Optimasi proses merupakan salah satu cabang ilmu matematika yang menitikberatkan dalam penyelesaian persoalan-persoalan pemrograman linear. Salah satu metodelogi yang sering digunakan untuk pencarian nilai-nilai maksimum adalah *response surface modelling* (RSM). RSM memiliki berbagai jenis desain eksperimen salah satunya adalah *Box-Behnken design* (BBD). Box dan Behnken (1960), merumuskan *Box-Behnken design*, desain ini mampu menyelesaikan permasalahan multivariabel dengan minimal level tiap variabel adalah 3 level (Box dan Draper 2007). Keefektifan RSM sebagai desain eksperimen sering digunakan dalam berbagai permasalahan industri seperti optimasi efektivitas obat, optimasi pembuatan produk pangan, optimasi operasi militer, dan optimasi permasalahan transportasi. Oleh karena itu, optimalisasi proses ekstraksi alkali larva *Hermetia illucens* menggunakan *response surface*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

modelling diharapkan mampu menghasilkan rendemen ekstrak yang optimal dan mampu dipergunakan sebagai pakan fungsional khususnya untuk ternak unggas.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan menguji optimalisasi proses ekstraksi larva *Hermetia illucens* dengan *response surface modelling* dan evaluasi kualitas asam amino esensial serta aktivitas antibakterinya.

Hipotesis

Hipoteisi penelitian ini adalah

1. Optimasi proses ekstraksi larva *Hermetia illucens* mampu menentukan titik optimum proses untuk menghasilkan rendemen optimum.
2. Kualitas asam amino esensial larva *Hermetia illucens* yang baik dan memenuhi sebagai bahan pakan unggas sumber protein.
3. Larva *Hermetia illucens* ekstrak memiliki aktivitas antibakteri patogen gram-positif.

Perumusan Masalah

Pembatasan kuota impor pakan dan penerbitan permentan NO.14/PERMENTAN/PK.350/5/2017 sesuai dengan Kementerian (2017), hal ini menyebabkan keterbatasan industri dalam memenuhi produksi pakan. Larva *Hermetia illucens* merupakan serangga yang mampu mengkonversi limbah menjadi biomassa sumber pakan terutama protein dan lemak. Input produksi yang tidak bersaing dengan kebutuhan manusia membuat larva *Hermetia illucens* memiliki potensi besar sebagai sumber protein pakan alternatif. Selain itu, banyaknya kajian tentang aktivitas antibakterial peptida yang mampu menekan dan membunuh mikroba patogen, menjadikan larva *Hermetia illucens* sebagai sumber pakan fungsional. Kualitas dan ekspresi antibakterial peptida perlu dikaji lebih lanjut salah satunya dengan melakukan ekstraksi. Optimasi ekstraksi larva *Hermetia illucens* menggunakan *response surface modelling* mampu menelaah titik optimum proses ekstraksi sehingga dihasilkan larva *Hermetia illucens* ekstrak yang optimal. Evaluasi produk hasil ekstraksi perlu dilakukan untuk memverifikasi kualitasnya.

Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi titik optimum proses optimasi ekstraksi larva *Hermetia illucens* berdasarkan *response surface modelling*. Selain itu, informasi kuantitas dan kualitas asam amino serta aktivitas antibakteri terhadap bakteri patogen gram-positif dan negatif.

2 METODE

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan, dimulai dari bulan Desember 2018 sampai April 2019. Lokasi penelitian berada di Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan, Fakultas Peternakan Institut Pertanian Bogor, Dramaga, Kabupaten Bogor dan PT Saraswanti Indo Genetech, Curugmekar, Bogor Barat, Kota Bogor.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Hak cipta dilindungi IPB (Institut Pertanian Bogor)



Bogor Agricultural University

Materi

Larva *Hermetia illucens* berumur 14-15 hari yang dikembangbiakkan pada media bungkil inti sawit, diperoleh dari PT Sahabat Tani Farm, Bubulak, Kabupaten Bogor. Bakteri uji gram-positif *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 dan *Bacillus subtilis* ATCC 6051 (mm), dan gram-negatif *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 dan *Escherichia coli* ATCC 8639 diperoleh dari PT Saraswanti Indo Genetech.

Prosedur Penelitian

Ekstraksi larva *Hermetia illucens*

Metode ekstraksi LHi terdiri dari ekstraksi alkali dan presipitasi asam. Mengacu pada De Souza *et al.* (2016) dimodifikasi, LHi dilarutkan dalam pelarut NaOH (X_1) M dengan perbandingan 1:10 mg/ml (b/v) dan dihomogenisasi selama 30 menit. Kemudian, larutan disentrifugasi 5.000 rpm pada 4 °C, sehingga dihasilkan ekstrak alkali (supernatan) dan kitin (pelet). Ekstrak alkali diendapkan menggunakan pelarut HCl (X_2) M dengan volume presipitasi (X_3) (v/v) berdasarkan mekanisme *salting-out* (presipitasi), kemudian dihasilkan rendemen (ekstrak LHi). Ekstrak LHi dinetralkan dan didemineralisasi menggunakan *dialysis tube* dalam akuadestilata pada suhu 26-27 °C selama 24 jam. Ekstrak LHi dikeringkan menggunakan oven pada suhu di bawah 55 °C. Detail proses ekstraksi terdapat dalam Lampiran 1. Ekstrak LHi berdasarkan konsentrasi dan volume optimum dari variabel X_1 , X_2 , dan X_3 selanjutnya diuji komposisi nutrien, profil asam amino, kualitas asam amino, dan aktivitas antibakteri.

Uji komposisi nutrien (AOAC 2005 dan SNI 1992)

Komposisi nutrisi antara lain: abu, protein kasar (PK), lemak kasar (LK), serat kasar (SK) dan bahan ekstrak tanpa nitrogen (BETN) diukur berdasarkan AOAC (2005), kecuali kadar air sesuai dengan SNI (1992).

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Kadar air (SNI 1992)

Sampel sebanyak 1 gram dimasukkan ke dalam cawan lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 105 °C sampai beratnya konstan atau 12 jam. Rumus perhitungan kadar air sesuai dengan persamaan (1).

$$Kadar\ air\ (%) = ((CA - CB) \times (CA - C_0)^{-1}) \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan:

C₀ : berat cawan kosong (gram)

CA : berat cawan dan sampel sebelum dioven (gram)

CB : berat cawan dan sampel setelah dioven (gram).

Kadar abu (AOAC 2005)

Sebanyak 5 gram sampel ditimbang lalu dimasukkan ke dalam cawan porcelin dan kemudian dibakar di atas kompor listrik sampai tidak berasap. Selanjutnya, dimasukkan ke dalam tanur dengan suhu 600 °C selama 8 jam. Cawan dimasukkan di dalam desikator lalu ditimbang. Kadar abu dihitung berdasarkan rumus (2).

$$Kadar\ abu\ (%) = ((CA - CB) \times (CA - C_0)^{-1}) \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan :

C₀ : berat cawan kosong (gram)

CA : berat cawan dan sampel sebelum ditanur (gram)

CB : berat cawan dan sampel setelah ditanur (gram).

Kadar protein kasar (AOAC 2005)

Penentuan kadar protein kasar berdasarkan metode Kjeldahl terdiri dari tiga tahap, yaitu destruksi, destilasi, dan titrasi. Sampel ditimbang sebanyak 0.5 gram dan dimasukkan ke dalam labu kjeldahl. Kemudian, ditambahkan 1 gram katalis selenium dan 20 ml H₂SO₄ pekat. Proses destruksi dilakukan sampai larutan menjadi bening. Larutan yang telah jernih didinginkan dan kemudian ditambahkan 50 ml akuadestilata dan 20 ml NaOH 40%, lalu didestilasi. Hasil destilasi dititrasi sampai terjadi perubahan warna. Volume titran dibaca dan dicatat dan larutan blanko dianalisis seperti langkah sebelumnya. Kadar protein dihitung dengan rumus (3).

$$Kadar\ protein\ kasar\ (%) = ((VB - VS) \times n\ NaOH \times 14 \times 6.25) \times BS^{-1} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

BS : berat sampel (gram)

n NaOH : mol NaOH (mol)

VB : volume blanko (ml)

VS : volume sampel (ml)

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.





Kadar lemak kasar (AOAC 2005)

Sampel ditimbang 3 gram dan dimasukkan ke dalam selongsong kertas saring berbentuk tabung. Sampel dalam selongsong dimasukkan ke dalam labu lemak yang sudah ditimbang berat tetapnya dan disambungkan dengan tabung Soxhlet. Selongsong lemak dimasukkan ke dalam ruang ekstraktor tabung Soxhlet dan disiram dengan n-heksana. Kemudian dilakukan refluks selama 8-6 jam. Labu lemak didestilasi hingga semua n-heksan menguap. Selanjutnya, labu lemak dikeringkan dalam oven pada suhu 105 °C, setelah itu labu dimasukkan dalam desikator sampai beratnya konstan. Kadar lemak kasar dihitung menggunakan rumus (4).

$$\text{Kadar lemak kasar (\%)} = (BLL - BL) \times BS^{-1} \times 100\% \quad (4)$$

Keterangan :

BL: berat labu lemak dan lemak (gram)

BL: berat labu lemak (gram)

BS: berat sampel (gram)

Kadar serat kasar (AOAC 2005)

Kadar serat kasar merupakan fraksi tak larut dalam asam dan basa kuat. Sampel 0.5 gram dimasukkan dalam gelas piala, kemudian ditambahkan 50 ml H₂SO₄ dan dipanaskan selama 45 menit pada suhu konstan 180°C. Selanjutnya, ditambahkan 25 ml NaOH dan dipanaskan kembali selama 45 menit. Setelah itu, sampel disaring dengan kertas saring dan dibilas menggunakan akuadestilata panas, 25 ml H₂SO₄ dan aseton, secara berurutan. Sampel yang mengendap pada kertas saring dikeringkan pada oven 105 °C selama 6-8 jam atau sampai berat konstan. Terakhi, sampel perlakuan tersebut dimasukkan ke dalam tanur pada suhu 600 °C. Perhitungan kadar serat kasar berdasarkan rumus (5).

$$\text{Kadar serat kasar (\%)} = (BST - BOv - BKS) \times BS^{-1} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan :

BST: berat setelah di tanur (gram)

BOv: berat setelah di oven (gram)

BS : berat sampel (gram)

Kadar bahan ekstrak tanpa nitrogen (Beta-N, AOAC 2005)

Kadar Beta-N merupakan hasil pengurangan dari abu, protein kasar, lemak kasar, dan serat kasar terhadap bahan kering. Perhitungan kadar BETN dengan rumus (6).

$$\text{Kadar Beta-N (\%)} = BK - (Abu + PK + LK + SK) \quad (6)$$

Keterangan :

BK : bahan kering (100 – KA, (%))



Uji asam amino esensial (AOAC 1999)

Sampel ekstrak LHi dikirim ke Laboratorium Ilmu dan Teknologi Pakan untuk uji asam amino esensial. Komposisi asam amino esensial ditentukan berdasarkan metode AOAC (1999) dan menggunakan instrumen *high performance liquid chromatography* (HPLC). Sampel ditimbang 0.25-0.5 gram, kemudian dimasukkan ke dalam tabung 25 ml dan ditambahkan HCL 6 N sebanyak 5-10 ml. Selanjutnya, dipanaskan pada suhu 100 °C selama 24 jam. Kemudian, disaring dan diambil 25 µl dan dimasukkan ke tabung uji serta ditambahkan 25 µl larutan pengering. Sampel uji dikeringkan menggunakan vakum dan ditambahkan 25 µl larutan derivatisasi, dibiarkan selama 20 menit di suhu ruang. Terakhir, ditambahkan buffer sodium asetat 1 M dan diijeksikan ke dalam kolom HPLC. Larutan pengering terdiri dari metanol: sodium asetat: trietilamin (TEA) dengan perbandingan 2: 2: 1, secara berurutan. Larutan antara lain metanol: pikotiosianan (PiTS): TEA berbanding 1: 1: 2. Kondisi instrumen HPLC sebagai berikut: temperatur luar 27 °C, kolumn Prin tag 3.9 × 150 nm, batas tekanan 3000 psi, program gradien, fase gerak asetonitril 60% buffer sodium asetat 1 M, detektor UV, dan panjang gelombang 254 nm.

Uji kualitas asam amino esensial (Oser 1959 dalam Olu dan Adediran 2015)

Kualitas asam amino esensial LHi utuh dan ekstrak diukur berdasarkan nilai indeks asam amino esensial (IAAE) dan nilai biologis (NB) yang dibandingkan dengan asam amino esensial telur ayam (FAO 1983). Komposisi asam amino esensial dikonversi berbasis pada % 17 jenis asam amino sesuai dengan persamaan (7).

$$AAE_i(\%) = Aae_i^{-1} \times Taae \times 100 \quad (7)$$

Keterangan :

AAE_i : asam amino ke-i (%), dimana i = 1, 2, 3, ..., 17

Taae : total 17 asam amino (%)

Aae_i : asam amino ke-i (%), dimana i = 1, 2, 3, ..., 17

Nilai indeks asam amino esensial (IAAE) dihitung berdasarkan Oser (1959) dengan persamaan (8) menggunakan 10 jenis asam amino esensial.

$$\log IAAE = \frac{1}{10} \left[\log \frac{100 \times a_1}{at_1} + \frac{100 \times a_2}{at_2} + \dots + \frac{100 \times a_n}{at_n} \right] \quad (8)$$

Keterangan: a₁ (pertama,... (1, 2, 3, 4,..., n) asam amino esensial dari sampel), at₁ (pertama,... (1, 2, 3, 4,..., n) asam amino esensial pembanding (bungkil kedelai)). Nilai biologis diselesaikan dengan persamaan (9) Oser (1959) dalam Olu dan Adediran (2015).

$$Nilai Biologi = 1.09 \times IAAE - 11.70 \quad (9)$$

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Uji aktivitas antibakteri (Lay 1994)

Pengujian aktivitas antibakteri dilakukan berdasarkan metode mikrodifusi sumur agar, dilakukan di PT Saraswanti Indo Genetech. Sampel dilarutkan dengan akuadestilata steril 1:3 (b/v). Isolat bakteri hasil peremajaan diambil menggunakan ose kemudian dicelup ke dalam tabung reaksi berisi akuades steril dan dibiakkan pada media *Mueller Hinton Agar* (MHA). Biakan digores secara mendatar dan rapat dengan gerakan bersinambung, kemudian agar dibiarkan mengering selama 5 menit lalu dilubangi dengan tabung Durham membentuk lubang sumuran difusi (*well diffusion method*). Sumuran diisi dengan sampel yang telah dilarutkan. Selanjutnya, diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Diameter zona hambat yang terbentuk diukur.

Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap penelitian. Penelitian tahap pertama optimalisasi proses ekstraksi LHi dengan tiga variabel dan tiga level. Rendemen ekstrak LHi berdasarkan variabel X_1 , X_2 , dan X_3 yang optimal selanjutnya diuji pada penelitian tahap dua. Penelitian tahap dua mengukur komposisi nutrien, profil asam amino, kualitas asam amino, dan aktivitas antibakteri.

Rancangan percobaan

Tiga variabel dan tiga level RSM yang digunakan adalah konsentrasi NaOH (X_1), konsentrasi HCl (X_2) dan volume presipitasi HCl (X_3) berdasarkan *Box-Behnken design* (BBD) ditampilkan dalam Tabel 1. Jumlah data yang diambil sebanyak 14 rangkain percobaan dengan tiap data mewakili tiga pengambilan sampel (Box dan Behnken 1960, Lenth 2009).

Tabel 1 Tiga level dari tiga variabel *response surface modelling*

Variabel independen	Level		
	-1	0	1
NaOH, X_1 (M)	1	2	3
HCl, X_2 (M)	1	2	3
Volume presipitasi, X_3 (ml)	10	20	30

Uji komposisi nutrien, kualitas asam amino esensial, dan aktivitas antibakteri disusun dengan susunan sebagai berikut. Komposisi nutrien LHi utuh dan ekstrak dibandingkan dengan bungkil kedelai (Feedipedia 2017). Kualitas asam amino LHi utuh dan ekstrak dibandingkan dengan bungkil kedelai menggunakan standar asam amino esensial telur ayam (FAO 1983). Uji aktivitas antibakteri LHi utuh dan ekstraks dibandingkan dengan *zinc-bacitracin*.

Analisis data

Analisis varian (ANOVA) digunakan untuk memvalidasi model RSM. Analisis data dilakukan dalam bahasa pemrograman R versi 3.5.2 menggunakan r-

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

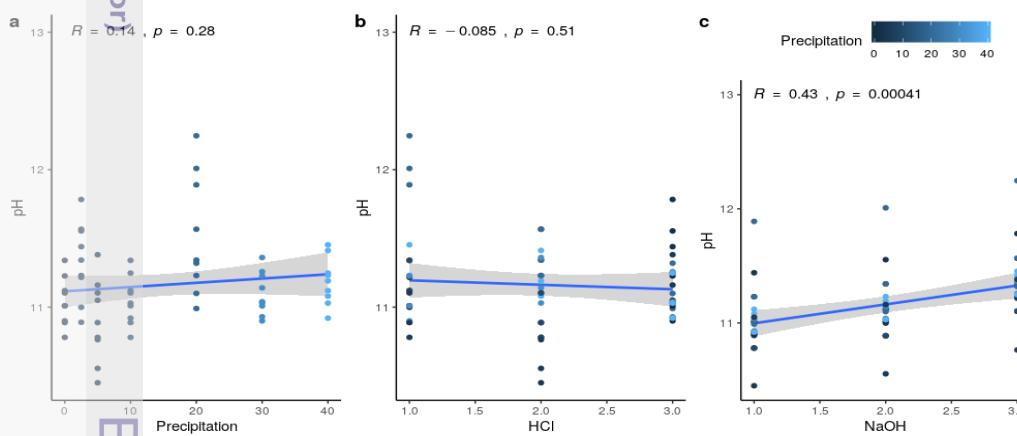
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

base (R-Team 2018) dan "library (rsm)" (Lenth 2009). Komposisi nutrien, profil asam amino, indeks asam amino, nilai biologis, dan aktivitas antibakteri ditampilkan dalam tabel dan diuji deskriptif. Parameter yang diukur adalah komposisi nutrien LHi, profil asam amino, indeks asam amino, nilai biologis, dan aktivitas antibakteri.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Proses Ekstraksi

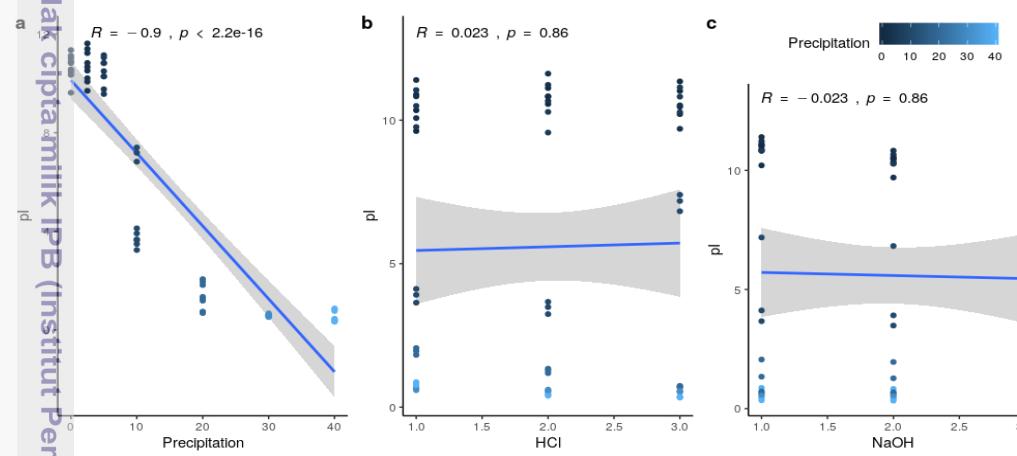
Kondisi umum terdiri dari interaksi variabel konsentrasi NaOH, konsentrasi HCl, dan volume presipitasi terhadap peubah pH awal, pI (pH isoelektrik), dan rendemen. Data kondisi umum ekstraksi dihimpun dan disajikan pada Tabel 9 dalam Lampiran 2. Nilai pH awal proses ekstraksi LHi ditampilkan pada Grafik 1. Nilai pH diukur setelah penambahan NaOH dan sebelum penambahan HCl. Grafik 1a koefisien korelasi pearson ($R = 0.140$) yang rendah antara pH dan volume presipitan. Hal ini disebabkan nilai pH diukur sebelum dilakukan penambahan presipitan. Grafik 1b, interaksi antara pH dan konsentrasi HCl tidak memperlihatkan perbedaan yang signifikan ($P>0.05$) dikarenakan nilai pH diukur sebelum adanya penambahan HCl. Interaksi pH dan konsentrasi HCl berkorelasi negatif lemah dengan nilai perason ($R = -0.085$). Grafik 1c, interaksi antara pH dengan konsentrasi NaOH berhubungan positif kurang erat ($R = 0.430$) dengan P -value ($P<0.01$), hal tersebut dikarenakan konsentrasi NaOH nyata mempengaruhi secara langsung perubahan pH ekstrak LHi. Hubungan kejadian antara pH dan volume presipitasi serta konsentrasi HCl merupakan kejadian saling lepas, dimana kedua interaksi kejadian tersebut tidak bisa terjadi bersamaan. Hal ini mengakibatkan tidak ada hubungan signifikan antar interaksi.



Grafik 1 Interaksi pH awal terhadap (a) volume presipitan (ml), (b) konsentrasi HCl (M), dan (c) konsentrasi NaOH (M).

Pelarut NaOH mampu melarutkan protein. NaOH mampu melarutkan beragam protein karena adanya gugus dari OH⁻ yang dapat melarutkan beragam

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



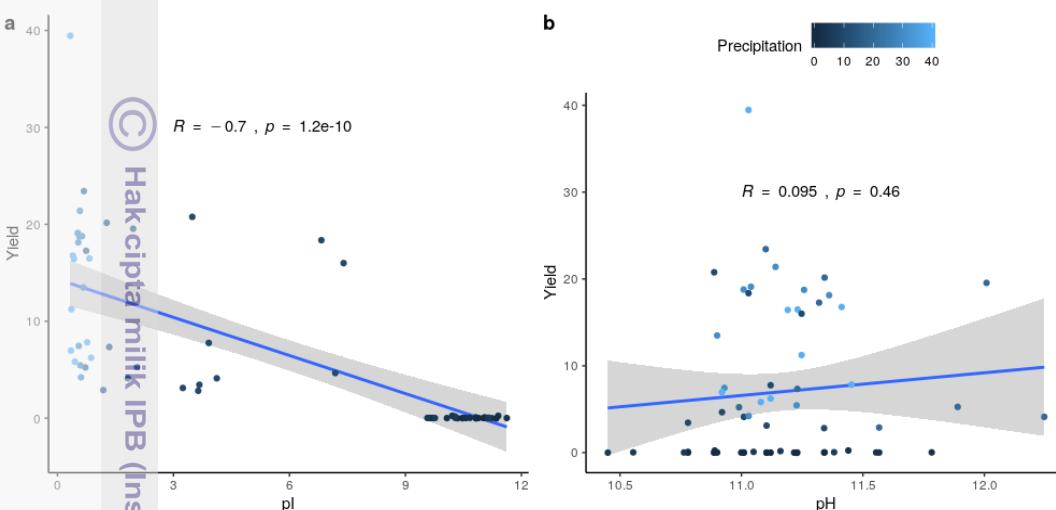
Grafik 2 Interaksi pI presipitasi terhadap (a) volume presipitan (ml), (b) konsentrasi HCl (M), dan (c) konsentrasi NaOH (M).

Protein akan mengendap pada saat mencapai pH isoelektris (pI) atau di bawahnya. Isoelektrik point adalah pH dimana protein memiliki muatan positif dan negatif yang sama, pada saat inilah protein mengalami pengendapan dengan ditandai kekeruhan meningkat dan timbulnya endapan (Anna 1994). Grafik 2a, peningkatan volume presipitan signifikan ($P<0.01$) menurunkan pI dengan korelasi negatif kuat ($R = -0.900$). Hubungan pI dan konsentrasi HCl memiliki korelasi positif lemah ($R = 0.023$), pada Grafik 2b. Grafik 2c, interaksi pI dan konsentrasi NaOH berkorelasi lemah ($R = -0.023$). Nilai pI diukur setelah penambahan larutan HCl dalam sampel ketika proses presipitasi. Presipitasi protein merupakan peristiwa protein yang kehilangan muatan elektrostatik sehingga gaya gravitasi bekerja lebih dominan dan terbentuk pengendapan parsial. Presipitasi juga bisa disebabkan oleh denaturasi protein yang mengakibatkan *unfolding* dan membukanya struktur helik - helik protein (Nelson dan Cox 2017). Penelitian ini memperlihatkan bahwa perubahan pI disebabkan oleh bertambahnya volume presipitan dalam berbagai konsentrasi HCl, dimana konsentrasi HCl tidak mempengaruhi pI. Nilai pI yang terus turun berdampak terhadap rendemen ekstrak yang dihasilkan, Grafik 3.

Metode *salting-out* merupakan mekanisme persaingan antara garam dan protein untuk mengikat air. Hal ini disebabkan ion garam dari reaksi netralisasi

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

NaOH dan HCl, memiliki densitas muatan yang lebih besar dibandingkan muatan elektrostatis protein. Kekuatan ionik garam meningkat seiring peningkatan konsentrasi garam sehingga garam dapat lebih mengikat molekul air. Penurunan kekuatan protein dalam mengikat air menyebabkan gaya tarik menarik antara molekul protein lebih kuat bila dibandingkan dengan gaya tarik menarik antara molekul protein dan air, sehingga protein akan terpisah dan membentuk agregat hidrofobik (Nelson dan Cox 2017).



Grafik 3 Interaksi rendemen terhadap (a) pI dan (b) pH awal.

Kelarutan turun akibat adanya ion-ion senama yang ditambahkan sehingga menyebabkan pengendapan. Ketika HCl ditambahkan dengan volume lebih dari 20 ml akan menurunkan pI berkisar antara 3 sampai 1. Grafik 1a, pI versus rendemen memiliki korelasi negatif kuat ($R = -0.700$), kenaikan nilai pI nyata ($P < 0.01$) menurunkan rendemen yang dihasilkan. Sejalan dengan Lehninger (1982), ketika pH sama dengan pI atau berada di bawah pI akan mengakibatkan protein mengalami agregasi sehingga timbul endapan. Jumlah endapan meningkat seiring dengan penurunan pH sampai ke titik tertentu di bawah pI. Grafik 3b, interaksi antara pH dengan rendemen berkorelasi positif lemah ($R = 0.095$). Hal ini disebabkan oleh tidak ada hubungannya antara pengukuran pH dengan penambahan HCl, atau kedua kasus tersebut merupakan kejadian saling lepas.

Response Surface Modelling Proses Ekstraksi

Analisis statistik dilakukan berdasarkan pada matriks desain dan rendemen eksperimen yang tercantum dalam Tabel 2. Model empiris persamaan RSM dengan BBD antara respon dan variabel independen disajikan sebagai berikut:

$$Y = 20.452 + 3.06 X_1 + 3.004 X_2 + 3.443 X_3 + 3.296 X_1 X_2 + 3.561 X_1 X_3 - 2.57 X_2 X_3 - 10.626 X_1^2 - 1.851 X_2^2 - 2.599 X_3^2 \quad (10)$$

di mana Y adalah rendemen ekstrak LHi, X_1 , X_2 dan X_3 adalah konsentrasi NaOH (M), konsentrasi HCl (M) dan volume presipitasi HCl (ml), berurutan. Tabel 2, merupakan *runs* eksperimen yang terdiri dari koefisien linear, koefisien interaksi, dan koefisien kuadratik.

Tabel 2 Matrik *Box-Behnken design* dan rendemen eksperimen

	X_1 (M)	X_2 (M)	X_3 (ml)	Y eksperimen (%)
1	3.00	2.00	10.00	3.12
2	2.00	3.00	10.00	18.36
3	2.00	1.00	30.00	18.78
4	1.00	2.00	10.00	3.45
5	1.00	3.00	20.00	5.23
6	3.00	2.00	30.00	18.13
7	2.00	1.00	10.00	7.76
8	3.00	3.00	20.00	17.27
9	1.00	1.00	20.00	5.27
10	2.00	3.00	30.00	19.10
11	3.00	1.00	20.00	4.12
12	1.00	2.00	30.00	4.22
13	2.00	2.00	20.00	20.16
14	2.00	2.00	20.00	20.75

keterangan: X_1 : konsentrasi NaOH (M), X_2 : konsentrasi HCl (M), X_3 : volume presipitasi (ml), Y: rendemen.

Hasil analisis varian model ditabulasi dalam Tabel 3. Koefisien linier untuk konsentrasi NaOH, konsentrasi HCl dan volume presipitasi, secara signifikan ($P < 0.01$) mempengaruhi rendemen eksperimen (%). Koefisien interaksi antara konsentrasi NaOH, konsentrasi HCl dan volume presipitasi signifikan ($P < 0.01$) mempengaruhi rendemen eksperimen (%). Koefisien kuadratik menunjukkan nilai signifikan ($P < 0.01$), hal ini menunjukkan bahwa variabel perlakuan mempengaruhi rendemen eksperimen (%). Hal ini sesuai dengan penelitian Ratnawati *et al.* (2018), dimana koefisien linear, interaksi, dan kuadratik yang signifikan mempengaruhi proses ekstraksi kalsium dari tulang lele. Model (10), koefisien interaksi X_1X_3 dan X_2X_3 dan koefisien keadratik X_1^2 , X_2^2 , dan X_3^2 bertanda negatif, artinya peningkatan satu satuan nilai akan menurunkan satu satuan nilai rendemen eksperimen (%). Hal tersebut bermakna bahwa, adanya hubungan negatif dan di sisi lain, koefisien variabel X_1 , X_2 , X_3 , X_1X_2 dan X_1X_3 memiliki hubungan positif. Sifat hubungan antar koefisien tidak selaras dengan Peng *et al.* (2018) pada proses optimasi ekstraksi flavonoid dari *Fagopyrum tataricum*. Hal ini dikarenakan dari setiap koefisien variabel menggambarkan pola hubungan yang mempengaruhi proses ekstraksi, sehingga setiap kajian proses ekstraksi yang berbeda akan mempengaruhi pola hubungan yang berbeda di setiap koefisien variabelnya.

Tabel 3 Analisis varian koefisien model proses ekstraksi larva *Hermetia illucens*

	Std. eror	t-value	P-value	Signifikasi
X ₁	0.33992	9.0016	0.0008	Sig.
X ₂	0.33992	8.8372	0.0009	Sig.
X ₃	0.33992	10.1278	0.0005	Sig.
X ₁ : X ₂	0.48072	6.8568	0.0023	Sig.
X ₁ : X ₃	0.48072	7.4085	0.0017	Sig.
X ₂ : X ₃	0.48072	-5.3460	0.0059	Sig.
X ₁ ²	0.53746	-19.7710	<0.0001	Sig.
X ₂ ²	0.53746	-3.4448	0.0261	Sig.
X ₃ ²	0.53746	-4.8358	0.0084	Sig.

keterangan: X₁: konsentrasi NaOH (M), X₂: konsentrasi HCl (M), X₃: volume presipitasi (ml), Std: standar.

Validasi model (10) disajikan dalam Tabel 4, P-value BBD masing-masing koefisien signifikan terhadap model, akibatnya analisis canonical valid (Lenth 2009). F-value dari Lack of fit sebesar 6.75 menyatakan bahwa model (10) dengan ($P>0.05$) dapat mendeskripsikan data respon sehingga dapat disimpulkan bahwa model yang didapat valid digunakan untuk memprediksi kondisi proses ekstraksi LHi untuk menghasilkan Y yang optimum.

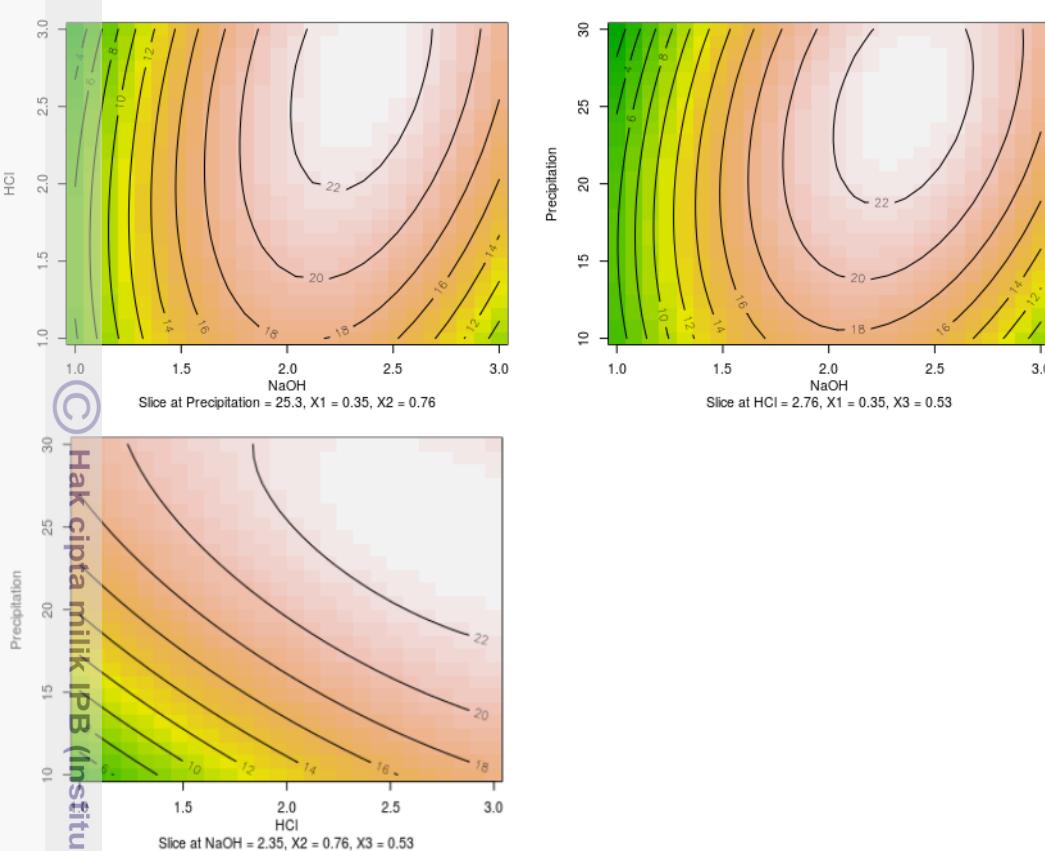
Tabel 4 Analisis varian validasi model proses ekstraksi larva *Hermetia illucens*

	DB	JK	KT	F-value	P-value	Signifikasi
FO (X ₁ , X ₂ , X ₃)	3	241.90	80.634	87.2323	0.0004	Sig.
1, X ₂ , X ₃)	3	120.61	40.203	43.4935	0.0016	Sig.
PQ (X ₁ , X ₂ , X ₃)	3	362.50	120.833	130.7217	0.0001	Sig.
Residuals	4	3.70	0.924			Sig.
Lack of fit	3	3.52	1.174	6.7493	0.2740	Not-Sig.
Pure error	1	0.17	0.174			Sig.

keterangan: DB: derajat bebas, JK: jumlah kuadrat, KT: kuadrat tengah, FO: orde pertama, TWI: interaksi dua arah, PQ: kuadratik, X₁: konsentrasi NaOH (M), X₂: konsentrasi HCl (M), X₃: volume presipitasi (ml).

Konter plot model proses ekstraksi LHi disajikan dalam Grafik 4. Area-area yang berwarna putih mengindikasikan bawasannya proses ekstraksi untuk mendapatkan rendemen optimal berada dalam jangkauan data eksperimen. Konsentrasi NaOH pada konter plot pertama dibandingkan konsentrasi HCl, peningkatan konsentrasi NaOH 2.0 hingga 2.5 M meningkatkan rendemen. Hal ini berlainan, ketika NaOH lebih dari 2.5 M, sedikit menurunkan rendemen. Konsentrasi HCl yang optimum terletak antara 2.0 hingga 3.0 M. Konter plot kedua, konsentrasi HCl versus volume presipitasi. Area dengan konsentrasi HCl 2.0 hingga 2.5 M memiliki rendemen optimum, dengan volume presipitasi 20 hingga 30 ml. Konter plot terakhir, konsentrasi NaOH versus volume presipitasi. Area optimum dalam plot diperkirakan terdapat pada konsentrasi NaOH lebih dari 3.0 M dengan volume presipitasi lebih dari 30 ml, pada konter plot ini nilai optimum tercapai di luar nilai uji. Estimasi konsentrasi NaOH optimum berkisar antara 2.0-2.5 M, konsentrasi HCl 2.0-2.5 M dan presipitan 20-30 ml.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Grafik 4 Kounter plot dari model proses ekstraksi larva *Hermetia illucens*. Konter plot 1: NaOH (M) dan HCl (M), konter plot 2: NaOH (M) dan volume presipitasi (ml) dan konter plot 3: HCl (M) dan volume presipitasi (ml).

Berdasarkan Tabel 5 analisis menunjukkan bahwa nilai eigen bertanda negatif, yang berarti titik stasioner berada dalam nilai maksimum. Titik stasioner model pada 2.35 M, 2.76 M dan 25.28 ml di dalam area eksperimen dengan prediksi rendemen optimum adalah 23.03%. Nilai eigen tersebut selaras dengan Lenth (2009), dimana titik-titik stasioner dapat ditentukan ketika nilai eigen bernilai negatif.

Tabel 5 Prediksi rendemen optimum proses ekstraksi

	X ₁ (M)	X ₂ (M)	X ₃ (ml)	Y prediksi optimum (%)
Titik stasioner	2.35	2.76	25.28	23.03
Nilai eigen	-0.88	-2.82	-11.37	

keterangan: X₁: konsentrasi NaOH (M), X₂: konsentrasi HCl (M), X₃: volume presipitasi (ml), Y: rendemen.

Komposisi Nutrien, Asam Amino, dan Aktivitas Antibakteri

Perbandingan komposisi nutrien LHi utuh dan LHi ekstrak tercantum dalam Tabel 6. Protein kasar LHi ekstrak meningkat menjadi 37.89% dibandingkan dengan LHi uth 26.98%. Lemak kasar turun sebesar 16.29%. Hal ini dikarenakan,

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

proses ekstraksi alkali mengakibatkan pemisahan LHi menjadi 3 bagian lapisan, lapisan bawahnya adalah partikel yang tidak larut (serat kasar), lapisan tengah adalah partikel terlarut (protein kasar), dan lapisan atas adalah lemak kasar. Lapisan tengah dipisahkan dengan sentrifugasi dan dipresipitasi menggunakan larutan HCl untuk mendapatkan LHi ekstrak, sehingga dari proses tersebut komponen lemak kasar dihilangkan.

Tabel 6 Komposisi nutrien larva *Hermetia illucens* utuh, ekstrak dan bungkil kedelai

	Komposisi nutrien (%)				
	Abu	PK	LK	SK	Beta-N
LHi utuh	11.00	26.98	24.77	4.34	32.88
LHi ekstrak	14.84	37.89	8.48	2.02	36.78
Bungkil kedelai ^a	8.08	44.71	2.28	7.62	37.32

keterangan: LHi: larva *Hermetia illucens*, KA: kadar air, PK: protein kasar, LK: lemak kasar, SK: serat kasar, Beta-N: bahan ekstrak tanpa nitrogen, a: Feedipedia (2019).

Proses ekstraksi alkali dapat meningkatkan protein kasar dari LHi, namun komponen protein kasar LHi ekstrak masih lebih rendah 6.82% daripada bungkil kedelai. Rendahnya komponen protein LHi diduga diakibatkan oleh komponen Beta-N LHi umur 14-15 yang tinggi (kitin) dan sifat pelarut sodium hidroksida. Sodium hidroksida bersifat acak dalam melarutkan glikopeptida, protein globular, dan protein struktural (Trilaksani *et al.* 2016).

Hasil uji asam amino dengan HPLC disajikan pada Tabel 7. Komposisi asam amino esensial dengan standar indeks asam amino esensial dan nilai biologis adalah telur ayam (FAO 1983). LHi utuh dan ekstrak masing-masing memiliki IAAE 85.36 dan 94.49%. Proses ekstraksi meningkatkan IAAE sebesar 9.13%. Hal ini searas dengan nilai biologis, bahwa proses ekstraksi dapat meningkatkan NB sebesar 9.95%. Proses ekstraksi alkali larva *Hermetia illucens* mampu meningkatkan kualitas dan keseimbangan asam amino esensial. Pelarut-pelarut asam dan basa yang optimal mampu meningkatkan keseimbangan dan kualitas asam amino esensial. Larva *Hermetia illucens* hasil penelitian ini, baik dalam bentuk utuh maupun ekstrak memiliki IAAE dan nilai biologis lebih baik dibandingkan dengan bungkil kedelai (Feedipedia 2019), keseimbangan asam amino yang baik mampu meningkatkan nilai IAAE. LHi pada penelitian ini dibudidayakan menggunakan substrat bungkil inti sawit, diduga keseimbangan komposisi asam amino esensial dari media tumbuh menyebabkan proses deposisi asam amino esensial tubuh yang seimbang pula.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Tabel 7 Komposisi asam amino esensial dari larva *Hermetia illucens* utuh, ekstrak, dan bungkil kedelai

	Asam amino esensial (% asam amino)			
	LHi Utuh	LHi Ekstrak	Bungkil Kedelai ^a	Telur ayam ^b
Nonesensial				
Alanina	8.78	9.05	4.49	5.82
Asam Aspartat	3.86	3.29	12.11	9.46
Asam Glutamat	14.45	13.80	18.68	12.53
Glisina	6.55	5.57	4.38	3.26
Prolina	4.04	4.29	5.01	4.09
Serina	7.81	7.31	4.59	7.52
Tirosina	4.04	3.47	3.65	4.09
Esensial				
Arginina	2.32	2.81	7.83	6.00
Histidina	3.43	3.63	2.82	2.39
Isoleusina	2.90	3.31	4.80	6.19
Leusina	4.15	4.75	8.04	8.67
Lisina	3.76	4.39	6.58	6.86
Metionina	1.80	2.11	1.46	3.31
Penilalanina	2.72	3.63	5.32	5.64
Sisteina	9.64	9.68	1.67	2.39
Teronina	10.95	11.06	3.86	5.04
Valina	8.78	7.85	4.70	6.74
IAAE	85.36	94.49	83.52	
NB	81.34	91.29	79.34	

keterangan: LHi: larva *Hermetia illucens*, IAAE: indek asam amino esensial, NB: nilai biolgis, a: Feedipedia (2019), b: FAO (1983).

Tabel 8 memperlihatkan hasil uji aktivitas antibakteri dengan metode mikrodifusi sumur agar (Lay dan Hastowo 1994), LHi utuh dan ekstrak tidak terdeteksi memiliki aktivitas antibakteri. Zinc-bacitracin memiliki aktivitas antibakteri untuk menghambat bakteri gram-positif dan negatif. Besaran zona hambat zinc-bacitracin adalah 23.00, 19.50, 14.00, dan 19.07 mm untuk bakteri *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, *Bacillus subtilis* ATCC 6051, *Salmonella typhimurium* ATCC 13311 dan *Escherichia coli* ATCC 8639, secara berurutan. Hal ini berarti baik LHi ekstrak maupun LHi utuh tidak teridentifikasi peptida antibakteri. Hasil ini berbeda dengan Park dan Yoe (2017a), LHi yang dipurifikasi menggunakan HPLC dan *fast protein liquid chromatography* memiliki aktivitas penghambatan terhadap bakteri gram-negatif (*Escherichia coli* KCCM 11234) 0.52-1.03 (μ M). Park dan Yoe (2017b), purifikasi LHi mampu menghambat bakteri gram-positif (*Staphylococcus aureus* KCCM 12256) dengan daya hambat minimal 10 μ g/mL.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



Tabel 8 Zona hambat larva *Hermetia illucens* utuh, ekstrak, dan zinc-bacitracin

Bakteri	Zona hambat (mm)		
	LHi utuh	zinc-bacitracin	LHi ekstrak
Gram-positif			
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 6538	TT	23.00 ± 0.60	TT
<i>Bacillus subtilis</i> ATCC 6051	TT	19.50 ± 1.65	TT
Gram-negatif			
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 13311	TT	14.00 ± 0.44	TT
<i>Escherichia coli</i> ATCC 8639	TT	19.07 ± 1.63	TT

keterangan: LHi: larva *Hermetia illucens*, TT: tidak terdeteksi.

Aktivitas antibakteri yang tidak terdeteksi diduga diakibatkan oleh kurang terkonsentrasi sinyal antibakterial peptida dari ekstrak LHi dan adanya denaturasi protein. Rendahnya konsentrasi senyawa aktif diakibatkan kurang murninya proses ekstraksi dan purifikasi menyebabkan sisi aktif senyawa tersebut tidak optimal bekerja dalam menjalankan fungsi biologisnya. Denaturasi protein terjadi pada proses presipitasi untuk mengendapkan protein menggunakan asam, ketika pH presipitasi terlalu rendah dibandingkan pI menyebabkan denaturasi sebagian protein, sehingga antibakterial peptida kehilangan kemampuan biologisnya (Wurzburg *et al.* 2000). Selain hal tersebut, sisi aktif yang kehilangan kofaktor maupun koenzim menyebabkan senyawa antibakterial peptida tidak aktif.

4 SIMPULAN DAN SARAN

Simpulan

Penelitian ekstraksi alkali larva *Hermetia illucens* dengan *response surface modelling* menghasilkan titik optimum, yaitu NaOH 2.35 M, HCl 2.76 M, volume presipitasi 25.28 ml dan rendemen yang dihasilkan adalah 23.03%. Kualitas asam amino esensial berdasarkan nilai indeks asam amino esensial dan nilai biologis untuk ekstrak lebih tinggi daripada larva *Hermetia illucens* utuh. Ekstrak larva *Hermetia illucens* tidak mengindikasikan aktivitas antibakteri.

Saran

Saran berdasarkan penelitian ini adalah, karena aktivitas antibakteri dari *Hermetia illucens* ekstrak belum teridentifikasi maka diperlukan purifikasi lebih lanjut.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 1999. Official method of analysis of the association of official analytical chemist. Washington (US): Benyamin Franklin Station.
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemists. 2005. Official method of analysis of the association of official analytical chemist. Washington (US): Benyamin Franklin Station.
- Anna P. 1994. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta (ID): UI Press.
- Box GEP, Behnken D. 1960. Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*. 2: 455–475. doi: 10.2307/1266454.
- Box GEP, Draper NR. 2007. *Response Surfaces, Mixtures, and Ridge Analyses*. New Jersey (USA): John Wiley & Sons, Inc.
- De Souza D, Sbardelotto AF, Ziegler DR, Marczak LDF, Tessaro IC. 2016. Characterization of rice starch and protein obtained by a fast alkaline extraction method. *Food Chemistry*. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.03.032
- [FAO] Food and Agriculture Organization. 1983. Energy and Protein Requirements. Geneva (SWI): Report of Joint Consultation.
- Feedipedia. 2019. Nutritional table of soybean meal [Internet]. [diunduh 10 Maret 2019]). Tersedia pada: <https://www.feedipedia.org/node/674>.
- [Kementerian] Kementerian Pertanian. 2017. Undang-Undang Nomor 14 Tahun 2017 Tentang Peternakan Dan Kesehatan Hewan. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Lehnninger AL. 1982. Dasar-Dasar Biokimia. Jilid 3. Thenawidjaya M, penerjemah. Jakarta (ID): Penerbit Erlangga.
- Lenth RV. 2009. Response-surface methods in R, using rsm. *Journal of Statistical Software*. 32(7): 1–17. doi: 10.18637/jss.v032.i07.
- Lay BW, Hastowo S. 1994. *Analisa Mikroba di Laboatorium*. Jakarta (ID): PT Raja Grafindo Persada.
- Mawaddah S, Hermana W, Nahrowi. 2018. Pengaruh pemberian tepung defatted larva BSF (*Hermetia illucens*) terhadap performa produksi puyuh petelur (*Coturnix coturnix japonica*). *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 16(3): 47-51. doi: 10.29244/jintp.16.3.47-51.
- Murray, Robert K. 2006. *Biokimia Harper*. Jakarta(ID): Penerbit Buku Kedokteran EGC.
- Nelson DL, Cox MM. 2017. *Lehnninger Principles of Biochemistry*. 7th Edition. New York (US): W. H. Freeman and Company.
- Olu M, Adediran AE, Protein evaluation of foods. 2015. *International Journal of Nutrition and Food Sciences*. 4(6): 700-706. doi: 10.11648/j.ijnfns.20150406.26.
- Oser BL. 1959. An integrated essential amino acid index for predicting the biological value of proteins. In: *protein and amino acid nutrition*. Cambridge(US): Academic Press.
- Park SI, Chang BS, Yoe SM. 2014. Detection of antimicrobial substances from larvae of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Entomological Research*. 44: 58-64. doi: 10.1111/1748-5967.12050.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

- Park SI, Yoe SM. 2017a. A novel cecropin-like peptide from black soldier fly, *Hermetia illucens*: isolation, structural and functional characterization. *Entomological Research*. 47: 115-124. doi: 10.1111/1748-5967.12226.
- Park SI, Yoe SM. 2017b. Defensin-like peptide3 from black solder fly: identification, characterization, and key amino acids for anti-gram-negative bacteria. *Entomological research*. 47: 41-44. doi: 10.1111/1748-5967.12214.
- Peng L-X, Zou L, Zhao J-L, Xiang D-B, Zhu P, Zhao G. 2012. Response surface modeling and optimization of ultrasound-assisted extraction of three flavonoids from tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum*). *Pharmacognosy Magazine*. 9(35): 210-215.
- Ratnawati SE, Ekantari N, Pradipta RW, Paramita BL. 2018. Aplikasi response surface methodology (RSM) pada optimasi ekstraksi kalsium tulang lele. 20 (1):41-48.
- R-Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, ISBN 3-900051-07-0.
- Sahubawa L dan Ustadi. 2014. *Teknologi Pengawetan dan Pengolahan Hasil Perikanan*. Yogyakarta (ID): UGM Press.
- Spranghers T, Michiels J, Vrancx J, Ovyn A, Eeckhout M, De Clercq P, De Smet S. 2018. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*. 235: 33-42. doi: 10.1016/j.anifeedsci.2017.08.012.
- [SNI] Standar Nasional Indonesia. 1992. Cara uji makanan dan minuman. no. 01-2891.
- Trilaksana Ella WS, Muhammad N. 2006. Pemanfaatan limbah tulang ikan tuna (*Thunnus* sp.) sebagai sumber kalsium dengan metode hidrolisis protein. *Buletin Teknologi Hasil Perikanan*. 9 (2) : 34-45.
- [USDA] United States Department of Agriculture. 2017. Oilseeds and Products Annual Report 2017, Global Agricultural Information Network report number: ID1705.
- Vogel H, Muller A, Heckel DG, Gutzeit H, Vilcinskas A. 2018. Nutritional immunology: diversification and diet-dependent expression of antimicrobial peptides in the black soldier fly *Hermetia illucens*. *Developmental and Comparative Immunology*. 78: 141-148. doi: 10.1016/j.dci.2017.09.008.
- Wurzburg BA, Garman SC, Jaedetzky TS. 2000. Structure of the human IgE-FC CE3-CE4 reveals conformational flexibility in the antibody effector domains. *Journal of Immunity*. 13 (3):375-385. doi:10.1016/S1074-7613(00)000376.



© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

LAMPIRAN



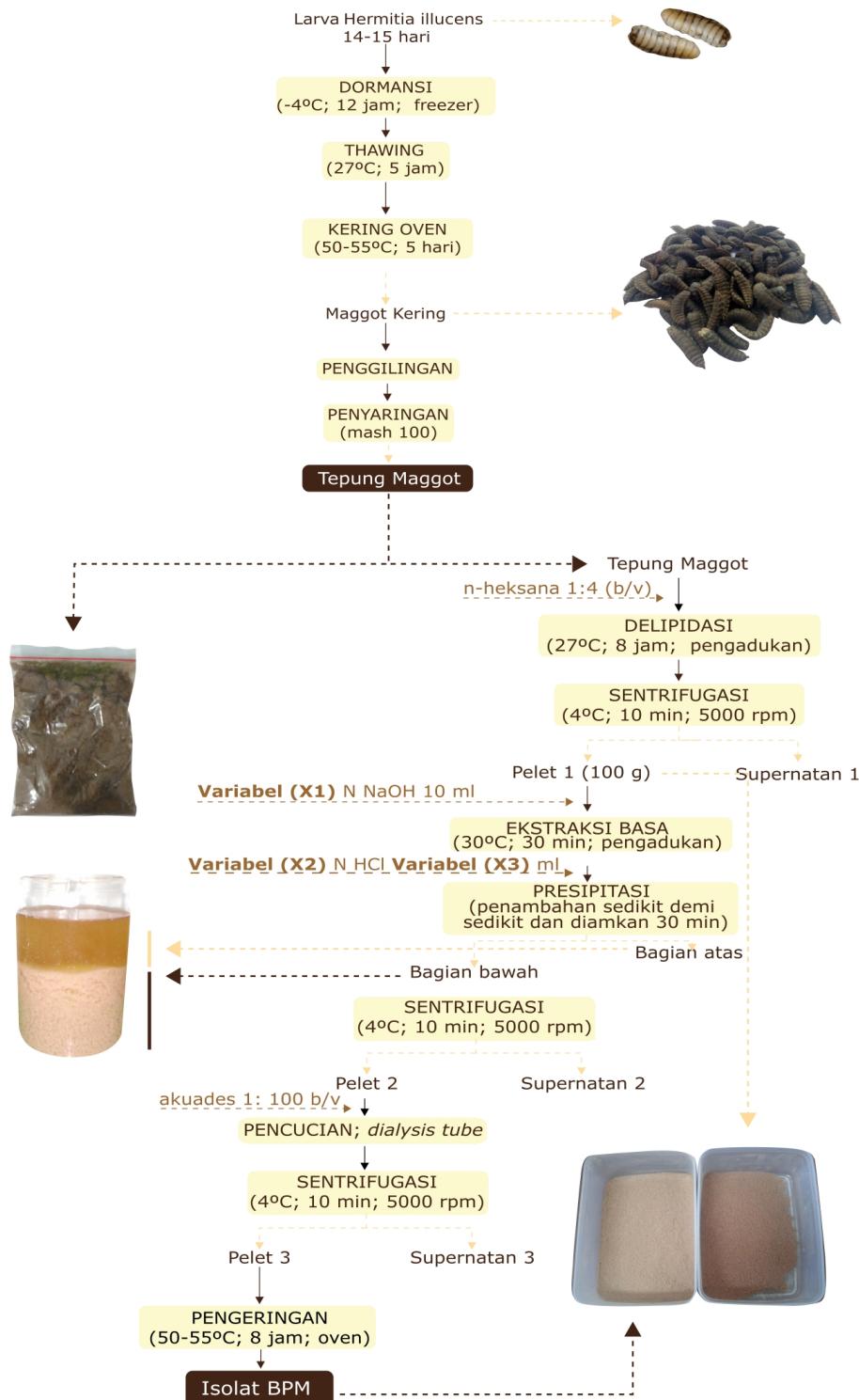
© Hak cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural U

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

Lampiran 1 Skema proses ekstraksi larva *Hermetia illucens*



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.

2. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

Lampiran 2 Kondisi umum proses ekstraksi larva <i>Hermetia illucens</i>					
NaOH (M)	HCl (M)	Presipitasi (ml)	pH	pI	Rendemen
1	1	0.00	11.01	10.89	0.0157
1	1	2.50	10.89	11.40	0.2420
1	1	5.00	10.78	11.05	0.0873
1	1	10.00	11.01	4.12	4.1162
1	1	20.00	11.89	2.06	5.2682
1	1	30.00	10.90	0.67	13.4861
1	1	40.00	11.12	0.87	6.2311
1	2	0.00	10.78	11.12	0.0070
1	2	2.50	11.23	11.23	0.0066
1	2	5.00	10.45	10.83	0.0005
1	2	10.00	10.78	3.67	3.4473
1	2	20.00	11.23	1.34	7.3375
1	2	30.00	11.03	0.61	4.2150
1	2	40.00	11.08	0.45	5.8239
1	3	0.00	10.90	11.02	0.0161
1	3	2.50	11.44	10.21	0.2471
1	3	5.00	11.05	10.82	0.0891
1	3	10.00	10.92	7.19	4.6562
1	3	20.00	10.99	0.72	5.2319
1	3	30.00	10.93	0.55	7.4520
1	3	40.00	10.92	0.35	6.9736
1	1	0.00	11.12	10.35	0.0012
1	1	2.50	11.00	10.83	0.0153
1	1	5.00	10.89	10.50	0.0117
1	1	10.00	11.12	3.91	7.7616
1	1	20.00	12.01	1.96	19.5467
1	1	30.00	11.01	0.64	18.7814
1	1	40.00	11.23	0.83	16.4820
2	2	0.00	10.89	10.56	0.0102
2	2	2.50	11.34	10.67	0.0315
2	2	5.00	10.55	10.29	0.0329
2	2	10.00	10.89	3.49	20.7701
2	2	20.00	11.34	1.27	20.1568
2	2	30.00	11.14	0.58	21.3880
2	2	40.00	11.19	0.43	16.4308
2	3	0.00	11.01	10.47	0.0018
2	3	2.50	11.55	9.70	0.0226
2	3	5.00	11.16	10.28	0.1770
2	3	10.00	11.03	6.83	18.3610
2	3	20.00	11.10	0.68	23.4300
2	3	30.00	11.04	0.52	19.1012
2	3	40.00	11.03	0.33	39.4586
3	1	0.00	11.34	9.62	0.0171
3	1	2.50	11.22	10.07	0.0072
3	1	5.00	11.10	9.76	0.0157

NaOH (M)	HCl (M)	Presipitasi (ml)	pH	pI	Rendemen
3	1	10.00	11.34	3.64	2.8215
3	1	20.00	12.25	1.82	4.1242
3	1	30.00	11.23	0.59	5.4512
3	1	40.00	11.45	0.77	7.8340
3	2	0.00	11.10	10.82	-0.0093
3	2	2.50	11.57	11.62	0.0133
3	2	5.00	10.76	9.57	0.0189
3	2	10.00	11.10	3.24	3.1155
3	2	20.00	11.57	1.18	2.8938
3	2	30.00	11.36	0.54	18.1287
3	2	40.00	11.41	0.40	16.7700
3	3	0.00	11.23	11.35	-0.0240
3	3	2.50	11.78	10.52	0.0304
3	3	5.00	11.38	11.14	0.0455
3	3	10.00	11.25	7.40	15.9979
3	3	20.00	11.32	0.74	17.2726
3	3	30.00	11.26	0.57	18.7421
3	3	40.00	11.25	0.36	11.2340



Hak Cipta milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Bogor Agricultural University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.



RIWAYAT HIDUP



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
© Halaman ini milik IPB (Institut Pertanian Bogor)

Penulis yang bernama Mohammad Miftakhus Sholikin dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 06 Januari 1994 dari pasangan Bapak Slamet Soim dan Ibu Komariyah. Penulis merupakan putra kedua dari dua bersaudara. Penulis mengawali pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 1 Blimming pada tahun 2000, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Ngunut pada tahun 2006, Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Blitar pada tahun 2009, dan Program Sarjana Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan, Institut Pertanian Bogor 2012. Penulis diterima sebagai mahasiswa pascasarjana Ilmu Nutrisi dan Pakan, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2017 melalui program pendidikan magister doktor untuk sarjana unggul.

Penulis melaksanakan seminar internasional “The 9th Basic Science International Conference”, tahun 2019. Prosiding hasil tulisan penulis di muat pada “IOP Conference Series: Materials Science and Engineering 2019” dengan judul tulisan “Optimization of the Hermetia illucens larvae extraction process with response surface modelling and its amino acid profile and antibacterial activity” dan “Fatty Acid Composition of Hermetia illucens Oil Reared on Different Substrates”, sebagai penulis utama dan kedua. Penulis juga menulis prosiding “Evaluate Multilinear Regression, Artificial Neural Network and Deep Learning Model to Predicting Crude Protein and Fibre From Physical Properties of Feedstuffs” dan “Evaluate Nonlinear Model Logistics, Gompertz, and Weibull: Study Case on Calcium and Phosphorus Requirements of Laying Hen”.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB.