

## Potensi Magot *Black Soldier Fly* (*Hermetia illucens*) sebagai Alternatif Pakan Sumber Protein, Agen Antibakteri, dan Immunomodulator secara *In vitro*

### *In vitro* test of *Black Soldier Magot Fly* (*Hermetia illucens*) as Alternative Feed Source of Protein, Antibacterial, and Immunomodulator Agent

Desy Cahya Widianingrum, Melinda Erdya Krismaputri, Listya Purnamasari\*

Program Studi Peternakan, Fakultas Pertanian, Universitas Jember,  
Jl. Kalimantan No. 37, Krajan Timur, Sumbersari, Jember

\*Email: listyap.faperta@unej.ac.id

Naskah diterima: 10 Januari 2020, direvisi: 5 Maret 2021, disetujui: 8 Maret 2021

#### Abstract

Magot flour has the potential to be used as a poultry feed alternative. This study uses an *in vitro* method to determine the nutrition value, antimicrobial effect, and immunomodulatory potential of magot flour. The nutrition compound of magot was tested by proximate analytical, sensitivity test was tested by disc diffusion method, phagocytosis activity test was observed with peritoneal macrophages of male Balb-C mice (8 weeks old) against *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), and challenge of *S. aureus* against magot flour was seen under scanning electron microscopy (SEM). Data of sensitivity test and observation with SEM techniques were reported descriptively. Differences in phagocytic activity of macrophages between treatments were tested by one-way analysis of variance with honestly significant difference (HSD) for further tests. Based on the results we knew that magot flour has 38.22% protein with a complete amino acid profile. The highest amino acid content in magot flour was glutamate (7,685.84 mg/kg), aspartate (5,864.19 mg/kg), and leucine (5,034.31 mg/kg). The essential fatty acids contained in magot flour were lauric acid (13.39%). The sensitivity test results showed that magot flour did not sensitive in *S. aureus*. The introduction of magot flour in phagocytosis *in vitro* could improve the performance of macrophages by its role as opsonin based on SEM observations. The conclusion of this study was magot flour could be used as a natural immunomodulator and alternative protein feed source for livestock.

**Keywords:** antibacterial; *Black Soldier Fly*; immunomodulator; magot flour; poultry feed

#### Abstrak

Tepung Magot potensial digunakan sebagai alternatif pakan unggas. Penelitian ini menggunakan metode *in vitro* untuk mengetahui nilai nutrisi, efek antimikrobia dan potensi immunomodulator tepung magot. Nilai nutrisi magot dianalisa dengan uji proksimat, uji sensitivitas dilakukan dengan metode *disc* difusi agar, uji aktivitas fagositosis diamati pada makrofag peritoneum mencit *Balb-C* jantan berumur 8 minggu terhadap *Staphylococcus aureus* (*S. aureus*), serta uji tantangan *S. aureus* terhadap tepung magot dilihat di bawah *scanning electron microscopy* (SEM). Data hasil uji sensitivitas dan pengamatan dengan teknik SEM dilaporkan secara deskriptif. Perbedaan aktivitas fagositosis makrofag antar perlakuan diuji dengan analisis varian satu arah dengan uji lanjut *honestly significant difference* (HSD). Berdasar hasil penelitian diketahui bahwa magot memiliki 38.22% kandungan protein dengan profil asam amino yang lengkap. Kandungan asam amino tertinggi pada tepung magot adalah (7,685.84 mg/kg), aspartat (5,864.19 mg/kg), leusin (5,034.31 mg/kg). Asam lemak esensial yang terkandung pada tepung magot adalah asam laurat (13.39%). Hasil uji sensitivitas diketahui tepung magot tidak sensitif pada bakteri *S. aureus*. Introduksi tepung magot pada fagositosis secara *in vitro* dapat meningkatkan kinerja makrofag dengan perannya seperti opsonin berdasar pengamatan SEM. Kesimpulan dari penelitian ini adalah tepung magot potensial digunakan sebagai imunomodulator alami dan pengganti protein pakan unggas.

**Kata kunci:** antibakterial; *Black Soldier Fly*; imunomodulator; pakan unggas; tepung magot

## Pendahuluan

Kebutuhan protein hewani meningkat seiring dengan meningkatnya kesadaran masyarakat akan pentingnya kecukupan gizi bagi kesehatan (Junaedi, 2016). *Food and Agricultural Organization* (FAO), memperkirakan bahwa kebutuhan protein hewani meningkat 50-70% pada tahun 2050 (Makkar *et al.* 2014). Permintaan protein hewani masyarakat Indonesia sebesar 61.23% merupakan daging ayam dan 25.85% berupa telur, serta kurang dari 40% berasal dari produk lain seperti ikan, daging sapi, babi, kambing, dsb (Junaedi, 2016). Pemenuhan kebutuhan konsumen saat ini yang semakin meningkat memberikan potensi bagi peternak untuk mengembangkan usaha ternak unggas (Tangendjaja, 2014).

Penelitian mengenai potensi pakan sebagai pengganti sumber protein pada unggas dilakukan dengan tujuan ekonomi maupun efektivitasnya (Widharto *et al.*, 2020; Krismaputri *et al.*, 2016). Pakan sumber protein yang juga berfungsi sebagai antimikrobia dan immunomodulator dapat memberikan efektivitas yang lebih baik untuk diterapkan pada ternak unggas (Harlystiarini, 2017; Choi *et al.*, 2012, Widodo *et al.*, 2020). Pakan dengan potensi immunomodulator dapat mengurangi penggunaan antibiotik sebagai pengobatan pada ternak (Lee *et al.*, 2011). Diketahui bahwa berbagai antibiotik di pasaran telah banyak yang tidak sensitif dan muncul galur bakteri yang telah resisten terhadap berbagai antibiotik (Widianingrum *et al.*, 2016; Aziz *et al.*, 2016).

Magot memiliki kandungan protein yang tinggi dan termasuk ke dalam pakan alami unggas (Makkar *et al.* 2014). Magot dilaporkan memiliki kandungan asam laurat yang tinggi (Kim dan Rhee 2016, Harlystiarini, 2017), serta kandungan kitin, polisakarida yang dapat meningkatkan imunitas tubuh ternak (Boveira *et al.* 2016). Kandungan asam laurat dalam pakan yang tinggi dapat memodulasi sistem imun tubuh (Widianingrum *et al.*, 2019). Sistem imun bawaan pada serangga secara umum telah berkembang dengan baik (Moretta *et al.*, 2020). Karakteristik biologis ini membuat magot memiliki berbagai jenis *antimicrobial peptide* (AMP) yang dapat menghambat berbagai

jenis mikroorganisme patogen (Park *et al.* 2014; Moretta *et al.*, 2020).

Berdasarkan hal tersebut maka pemanfaatan tepung magot dalam pakan unggas diharapkan memiliki efek antimikrobia dan immunomodulator sehingga selain sebagai alternatif sumber protein konvensional juga dapat membantu meningkatkan status kekebalan dan menjaga kesehatan ternak.

## Materi dan Metode

Penelitian ini telah disetujui oleh Komisi Etik Penelitian Kesehatan Fakultas Kedokteran Gigi Universitas Jember No 464/UN.25.8/KEPK/DL/2019.

### Pembuatan Tepung Magot

Magot yang digunakan diperoleh dari PT Go Waste Circle, Jember. Magot yang digunakan diberi pakan berupa limbah rumah tangga dan dipanen pada umur 15 hari. Setelah dipanen, Magot dimatikan dengan cara dibekukan di dalam *freezer*. Pembuatan tepung magot dilakukan dengan cara *men-thawing* magot yang sebelumnya dibekukan, mencuci magot hingga bersih, kemudian mengeringkan dan menghaluskan maggot dengan blender (Miyako, Bangladesh).

### Analisa Proksimat, Kandungan Asam Laurat dan Profil Asam Amino Tepung Magot

Kandungan proksimat meliputi kadar protein, abu, lemak, kadar air, energi dari lemak, dan energi total serta kandungan asam laurat dan profil asam amino tepung magot dianalisa di Laboratorium PT Saraswanti Indo Genetech (Bogor).

### Uji Sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Tepung Magot dengan Metode Difusi

Dosis dasar yang digunakan mengacu pada penelitian Harlystiarini (2017) dimana ekstrak tepung magot memiliki aktivitas antibakteri mulai dari level 160 mg/mL dan semakin meningkat seiring dengan meningkatnya dosis ( $P < 0.05$ ).

Pengujian aktivitas antibakteri tepung magot dilakukan dengan metode difusi agar (*zone growth inhibition*) terhadap strain bakteri *S. aureus* asal manusia koleksi Laboratorium Biologi

Farmasi (Universitas Jember, Indonesia). Bakteri yang akan diuji, di subkultur terlebih dahulu pada medium *Tryptic Soya Agar* (TSA, Oxoid, United Kingdom) dan diinkubasi pada inkubator (Clifton, United Kingdom) dengan suhu 37 °C selama 24 jam. Selanjutnya, bakteri yang telah di subkultur yang telah tumbuh pada medium TSA dibuat suspensi hingga diperoleh populasi 10<sup>7</sup> cfu/ml. Sebanyak 0.1 ml suspensi diambil dengan menggunakan mikropipet (Dragon lab, China) dan dimasukkan ke dalam medium MHA (*Muller Hilton Agar*, Oxoid, United Kingdom). Suspensi diratakan di permukaan medium MHA dengan spatula. Medium MHA lalu didiamkan selama 15 menit pada suhu ruang. Tepung magot dilarutkan terlebih dahulu dengan larutan *dimethyl sulfoxide* (DMSO, Lonza, USA) sesuai dengan konsentrasi yang diinginkan (100 mg ml<sup>-1</sup>, 200 mg ml<sup>-1</sup>, 300 mg ml<sup>-1</sup>, 400 mg ml<sup>-1</sup>). Antibiotik Streptomycin 1% (Phapros, Indonesia) digunakan sebagai kontrol positif. *Blank disc* (Oxoid, United Kingdom) direndam pada masing-masing taraf konsentrasi tepung magot. Media kemudian diinkubasikan selama 8 jam pada suhu 37 °C (McBeath 1992). Aktivitas antibakteri setiap perlakuan ditunjukkan oleh diameter zona bening yang terbentuk disekitar *disc*. Sensitivitas ditandai dengan terbentuknya zona bening > 6 mm (kuat), 3-6 mm (sedang), dan < 3 mm (lemah) (Pan *et al* 2009).

#### Uji Aktivitas Fagositosis Makrofag Peritoneum secara *in vitro*

**Persiapan bakteri :** Biak murni *S. aureus* ditanam dalam 10 mL media kaldu Brain Heart Infusion (*BHI*, Oxoid, United Kingdom) pada suhu 37 °C selama 24 jam. Kaldu yang telah ditumbuhi oleh *S. aureus* tersebut divortex (*Thermolyne*, United State America) hingga koloni di dasar tabung tercampur homogen, kemudian disentrifugasi (*Hermle*, China) selama 10 menit dengan kecepatan 5,000 rpm. Pelet dicuci 2 kali dengan *phosphate buffer saline* (PBS, Vivantis, Malaysia). Pelet yang diperoleh dilarutkan dalam PBS hingga diperoleh larutan 10<sup>8</sup> bakteri/mL (Salasia, 1994). Suspensi tersebut distandarisasi dengan menggunakan metode McFarland 0.5 yang terdiri dari 9.95 mL larutan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1% dan 0.05 mL larutan BaCl 1.175% (Sutton, 2011).

**Uji Fagositosis sel makrofag:** Dalam studi digunakan 25 ekor mencit Balb/c jantan berumur 8 minggu dari strain patogen-bebas dengan berat badan 20 g (Wistar Farm Malang, Indonesia) untuk diambil sel makrofagnya. Hewan coba diaklimatisasi pada kondisi laboratorium yang terkontrol selama 2 minggu. Isolasi sel makrofag dilakukan dengan cara mencit dibuat tidak sadarkan diri dengan dibius (inhalasi) kloroform 2-4%, diletakkan pada papan bedah dengan posisi terlentang, kemudian seluruh permukaan abdomen diolesi dengan alkohol 70%. Selanjutnya dibuat irisan kecil pada kulit bagian medinal perut menggunakan gunting dan dibuka kulit luarnya. Disuntikkan 1 ml *Hanks Balanced Salt Solution* (HBSS, Lonza, Switzerland) ke dalam rongga peritonium mencit, ditunggu selama 3 menit dengan digoyang secara perlahan. Perut dipijat secara lembut kemudian cairan yang kaya sel diambil kembali dengan mikropipet dan ditempatkan dalam tabung (*Biologic*, Cina) (Zhang *et al.*, 2008 dengan modifikasi sel-sel selanjutnya disentrifugasi selama 8 menit, pada 150 RCF, suhu 25°C. Cairan dikurangi 80% secara hati-hati kemudian sel-sel dicampur kembali dengan cara *pipetting*). Uji *in vitro* fagositosis makrofag dilakukan dengan mencampurkan sel makrofag, tepung magot dan *S. aureus* dengan perbandingan sebagai berikut:

Tabel 1. Perbandingan Sel Makrofag, Tepung Magot dan *S. aureus* pada Uji Fagositosis

Perlakuan	Magot (mg)	Sel makrofag (mL)	<i>S. aureus</i> (mL)
P0		100	100
P1	100	100	100
P2	200	200	200
P3	300	300	300
P4	400	400	400

Larutan kemudian diinkubasikan pada suhu 37 °C selama 1 jam. Setelah inkubasi, cairan dipulas pada gelas obyek (*Sail Brand*, China) dan difiksasi dengan etanol absolut (*Mallinckrodt*, France) selama 5 menit, kemudian diwarnai dengan pewarnaan *Giemsa* 1% (*Merck*, Germany), didiamkan 15 menit, dan dibilas dengan air mengalir. Setelah sediaan kering, aktivitas fagositosis makrofag diamati di bawah mikroskop Zeiss binocular (*Primo Star*,

Germany) dengan perbesaran 100 kali. Aktivitas fagositosis diketahui dengan menghitung jumlah bakteri *S. aureus* yang difagositosis oleh 10 sel makrofag aktif (Sheehan, 1980; Bancroft, 1982).

### Uji tantang *S. aureus* terhadap tepung Magot dilihat dengan *scanning electron microscopy* (SEM).

Sebanyak 2 mL kultur bakteri pada media Todd Hewith Broth (THB, Oxoid, United Kingdom) diinkubasi pada suhu 37 °C selama 24 jam. Preparasi SEM berdasar Nishio *et al.* (2016) dengan modifikasi suspensi disentrifugasi dengan kecepatan 3,000 rpm selama 15 menit. Sebanyak 250 µL tepung magot ditambahkan pada pelet kemudian diinkubasi selama 24 jam pada suhu 37 °C. Setelah inkubasi, suspensi disentrifugasi 3,000 rpm selama 15 menit. Pelet dikeringkan berdasar Duke (1990) pada *critical point* menggunakan Polaron CPD 7501 (VG Microtech, E Sussex, United Kingdom). Aksi tepung magot terhadap *S. aureus* diamati menggunakan SEM (Hitachi tm3030plus, Japan).

### Analisa Hasil

Data yang didapatkan dianalisis secara kualitatif dan kuantitatif. Hasil uji sensitivitas *S. aureus* terhadap magot dengan metode difusi dan pengamatan mikroskopis teknik SEM dilaporkan secara deskriptif. Perbedaan aktivitas fagositosis makrofag antar perlakuan diuji dengan analisis varian satu arah. Perbedaan bermakna bila nilai F yang diteliti pada  $\alpha$  0,05 lebih besar daripada F tabel. Jika terdapat perbedaan bermakna, analisis dilanjutkan dengan uji *honestly significant difference* (HSD) (SPSS statistical software version 21.0; SPSS Inc., Chicago, IL, USA).

## Hasil dan Pembahasan

### Hasil Analisa Proksimat Tepung magot

Berdasarkan data analisa diketahui bahwa tepung magot memiliki protein tinggi yaitu sebesar 38.22% sehingga dapat digunakan sebagai alternatif pakan sumber protein untuk unggas. Kandungan nutrisi lengkap Tepung magot disajikan pada Tabel 2. Standar kandungan

protein pakan dalam ransum unggas berkisar antara 18-20% (unggas pelepas starter), 13.5-16% (unggas pelepas grower), 15-18% (unggas pelepas layer), 18-23% (broiler starter), 18-22% (broiler finisher) (Standar Nasional Indonesia/SNI, 2016<sup>a</sup>; SNI, 2016<sup>a</sup>).

Tabel 2. Hasil Analisa Proksimat Tepung Magot

No	Parameter	Unit	Hasil
1	Protein	%	38.22
2	Abu	%	9.425
3	Energi dari lemak	Kcal/100 g	230.94
4	Lemak total	%	25.66
5	Kadar air	%	6.52
6	Energi total	Kcal/100 g	464.50
7	Karbohidrat	%	20.17

Total energi dari tepung magot adalah 464.5 Kcal/100 g. Energi yang dibutuhkan ternak unggas kurang lebih 270 Kcal/100 g (SNI, 2016<sup>b</sup>). Energi tepung magot tinggi disebabkan oleh kandungan lemak total tepung magot yang tinggi yaitu sebesar 25.66% (Tabel 2). Kebutuhan lemak kasar dalam pakan unggas berkisar 5-8% (SNI, 2016<sup>a</sup>; SNI, 2016<sup>b</sup>). Hal ini memberikan informasi bahwa pembatasan penggunaan atau pengolahan tepung magot untuk menurunkan kadar lemak perlu dilakukan. Terdapat berbagai metode untuk menurunkan kandungan lemak (*defatting*) (Harlystiarini, 2017). Penekanan (*pressing*), pengukusan (*steaming*) (Hojilla-Evangelista dan Evangelista, 2017) ataupun ekstraksi menggunakan berbagai jenis pelarut organik dapat menurunkan kadar lemak 2-10% bahan pakan (Russin *et al.*, 2011).

### Kandungan Asam Lemak dan Profil Asam Amino Tepung magot

Pengukuran komposisi mikro pada pakan diperlukan dalam menyusun strategi pemberian pakan pada unggas (Thirumalaisamy *et al.*, 2016; Purnamasari *et al.*, 2019). Komposisi mikro pada tepung magot yang diteliti pada penelitian ini adalah asam lemak dan profil asam amino. Asam lemak esensial yang terkandung pada tepung magot adalah asam laurat (13.39%) (Tabel 3). Kandungan asam laurat dalam pakan dapat berfungsi sebagai antimikrobia dan immunomodulator (Widianingrum *et al.*, 2019). *Virgin coconut oil* (VCO) yang memiliki asam laurat sebanyak 51.1% terbukti dapat



meningkatkan imunitas tubuh pada mencit yang diinfeksi dengan *S. aureus* dengan meningkatkan kinerja makrofag, aktivitas enzim *superoxide dismutase* (SOD), serta berpotensi sebagai hepatoprotektan maupun nephroprotektan (Widianingrum dan Salasia, 2021).

Profil asam amino dalam pakan unggas memiliki peranan penting kaitannya sebagai penyusun utama protein. Profil asam amino tepung magot disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kandungan Asam Lemak dan Profil Asam Amino Tepung Magot

No	Parameter	Unit	Hasil
1	Asam Laurat	%	13.39
2	L-Tirosin	mg/kg	3,050.37
3	L-Prolin	mg/kg	3,558.18
4	L-Threonin	mg/kg	3,230.93
5	L-Histidin	mg/kg	1,667.90
6	L-Sistin	mg/kg	161.24
7	L-metionin	mg/kg	912.89
8	L-Triptofan	mg/kg	4,344.42
9	L-Serin	mg/kg	3,125.815
10	L-Asam glutamat	mg/kg	7,685.84
11	L-Fenilalanin	mg/kg	2,602.93
12	L-Isoleusin	mg/kg	3,262.99
13	L-Valin	mg/kg	4,497.34
14	L-Alanin	mg/kg	4,713.14
15	L-Arginin	mg/kg	2,869.87
16	Glisin	mg/kg	4,320.07
17	L-Lisin	mg/kg	4,478.74
18	L-Asam aspartat	mg/kg	5,864.18
19	L-Leusin	mg/kg	5,034.31

Asam amino esensial merupakan kelompok asam amino yang tidak dapat disintesis oleh tubuh sehingga kebutuhannya harus dipenuhi dari pakan (Ravindran, 2013). Profil asam amino tepung magot tergolong lengkap (Tabel 3). Kandungan asam amino pada tepung magot tertinggi diantaranya glutamat (7,685.84 mg/kg), aspartat (5,864.19 mg/kg), dan leusin (5,034.31 mg/kg). Bahan pakan dianggap memiliki nilai

biologis yang tinggi jika mengandung semua jenis asam amino esensial dalam proporsi yang sesuai untuk keperluan metabolisme tubuh (Albanese, 2012). Ransum unggas dalam SNI (2016<sup>b</sup>) harus mengandung maksimum L-Lysine 0.9% dan DL-Methionine 0.4% (layer starter), maksimum L-Lysine 0.78% dan DL-Methionine 0.38% (layer grower), maksimum L-Lysine 0.65% dan DL-Methionine 0.3% (layer), maksimum L-Lysine 1.1% dan DL-Methionine 0.5% (broiler starter), serta maksimum L-Lysine 0.9% dan DL-Methionine 0.1% (broiler grower).

### Uji sensitivitas *Staphylococcus aureus* terhadap Tepung Magot dengan metode difusi

Hasil uji aktivitas antimikrobia tepung magot terhadap *S. aureus* disajikan pada Tabel 4.

Uji aktivitas antimikrobia pada penelitian ini menggunakan *whole* tepung magot dengan harapan memudahkan peternak dalam aplikasi pemberian pakan. Berdasarkan hasil uji menunjukkan bahwa tidak ada aktivitas antimikrobia yang dapat dibuktikan dari Tepung magot terhadap *S. aureus*. Adanya aktivitas antibakteri diketahui jika terdapat zona hambat yang terbentuk lebih besar dari 6 mm berdasar standar metode Pan *et al.* (2009). *S. aureus* kami uji untuk mengetahui aktivitas daya hambat magot BSF terhadap bakteri Gram positif jenis ini. Choi *et al.* (2012) menemukan magot BSF tidak memiliki aktivitas antimikrobia pada beberapa jenis bakteri Gram positif diantaranya *Bacillus subtilis*, *Streptococcus mutans*, dan *Sarcina lutea* namun menunjukkan zona hambat pada bakteri Gram negatif (*Klebsiella pneumoniae*, *Neisseria gonorrhoeae*, dan *Shigella sonnei*). Magot ini juga memberikan efek daya hambat pada

Tabel 4. Uji Aktivitas Antimikrobia Tepung Magot terhadap *Staphylococcus aureus*

Perlakuan	Rata-rata Diameter Daya Hambat (mm)	Keterangan
Kontrol (Streptomycin 1%)	21,19	Sensitif
Tepung magot 100 mg/ mL	0	Tidak Sensitif
Tepung magot 200 mg/ mL	0	Tidak Sensitif
Tepung magot 300 mg/ mL	0	Tidak Sensitif
Tepung magot 400 mg/ mL	0	Tidak Sensitif

Keterangan: Sensitivitas Streptomycin berdasar standar CLSI (2005); sensitivitas tepung magot ditandai dengan terbentuknya zona bening > 6 mm (kuat), 3-6 mm (sedang), dan < 3 mm (lemah) berdasar standar uji daya hambat bahan alami Pan *et al.* (2009).

*Eschericia coli* dan *Salmonella sp.* (Harlystiarini, 2017). Adanya perbedaan aktivitas antibakteri terhadap jenis bakteri dimungkinkan terjadi karena perbedaan interaksi antara zat aktif dengan komponen sel bakteri Gram positif dan Gram negatif.

### Uji Aktivitas Fagositosis Makrofag

Hasil pengamatan aktivitas fagositosis makrofag peritoneum dengan introduksi tepung magot secara *in vitro* disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil analisa diketahui bahwa introduksi tepung magot dapat meningkatkan jumlah sel bakteri yang difagosit oleh sel makrofag seiring dengan penambahan level tepung magot secara signifikan dibanding kontrol (Tabel 5). Konsentrasi penambahan 400 mg tepung magot mampu meningkatkan kemampuan sel fagosit tertinggi (39.6 bakteri/sel). Fagositosis merupakan proses penelanan sel bakteri maupun partikel asing lainnya yang masuk ke dalam tubuh oleh sel-sel kekebalan (sel limfoid) yang memiliki kemampuan fagositosis (Wibawan dan Soejoedono 2013). Aktivitas makrofag dalam menghadapi bakteri penyebab infeksi dapat dijadikan sebagai

penanda aktivitas agen imunomodulator dalam mengatasi infeksi dilihat dari segi imunitas tubuh (Flannagan *et al.*, 2015). Peningkatan aktivitas fagositosis makrofag pada penelitian ini mungkin dipengaruhi oleh kandungan kitin pada tepung magot. Kitin memiliki pengaruh positif terhadap kesehatan karena dapat berfungsi sebagai prebiotik (Khempaka *et al.* 2011, Bovera *et al.* 2016). Kandungan asam laurat juga dapat meningkatkan aktivitas makrofag (Widianingrum *et al.*, 2019).

### Uji tantang *S. aureus* terhadap tepung Magot dilihat dengan *scanning electron microscopy* (SEM).

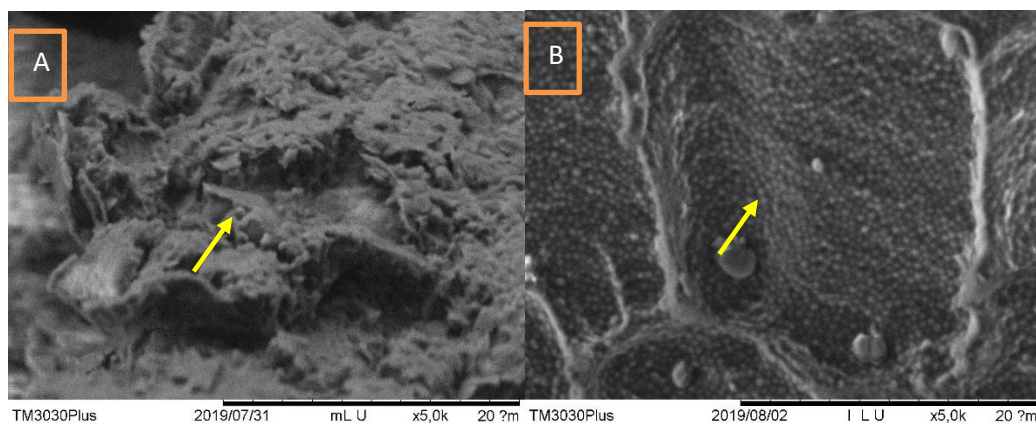
Uji tantang *S. aureus* terhadap tepung Magot dilihat dengan SEM dapat diamati pada Gambar 1.

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui bahwa tepung magot melapisi permukaan *S. aureus* meskipun telah dilakukan pencucian. Tepung magot dalam studi ini berfungsi sebagai opsonin yang mampu mengikat antar koloni bakteri sehingga meningkatkan jumlah bakteri yang difagosit. Opsonisasi dapat meningkatkan kemampuan makrofag dari kemampuan normal

Tabel 5. Uji Aktivitas Fagositosis Makrofag Peritoneum dengan Introduksi Tepung Magot secara *In vitro*

Ulangan	Kemampuan Fagositosis (bakteri/ sel)				
	P0	P1	P2	P3	P4
Jumlah sel bakteri yang difagosit	5.8±1.23 <sup>a</sup>	10.5±2.07 <sup>b</sup>	12.9±2.18 <sup>b</sup>	18.1±4.60 <sup>c</sup>	39.6±4.53 <sup>d</sup>

Keterangan: Perbedaan notasi menunjukkan berbeda signifikan pada taraf kepercayaan 5% ( $p < 0,05$ )



Gambar 1. Uji tantang *Staphylococcus aureus* terhadap tepung magot dilihat dengan *scanning electron microscopy* (SEM) perbesaran 5000x. A: Perlakuan tepung magot 400 mg/mL (terlihat tepung magot menyelimuti dan menggumpalkan bakteri), B: Kontrol tanpa penambahan tepung magot terlihat hamparan bakteri dengan masing-masing koloni berbentuk bulat (panah)

fagosit (18.39 bakteri/sel) menjadi (26.64 bakteri/sel) (Sugiartanti dan Salasia, 2018). Kandungan antimikrobia pada tepung magot salah satunya adalah asam laurat. Asam laurat merupakan *medium chain fatty acid* (MCFA). Target utama dari MCFA sebagai antimikroba adalah membran sel. Jika dapat dilihat dengan perbesaran lebih kuat, jenis kerusakan yang mungkin ditimbulkan oleh asam laurat dalam tepung magot adalah pada membran dinding sel bakteri (Widianingrum et al., 2019). Hal ini disebabkan karena MCFA dapat mengakselerasi masuknya senyawa antimikroba ke sitoplasma, sehingga menyebabkan kematian bakteri (Crompton dan Dunstan, 2016).

### Kesimpulan

Dari hasil penelitian disimpulkan bahwa tepung magot dapat digunakan sebagai alternatif pakan sumber protein bagi ternak dengan kandungan protein sebesar 38.22% dengan profil asam amino yang lengkap. Pada hasil uji sensitivitas diketahui bahwa zat aktif pada tepung magot tidak sensitif terhadap bakteri *S. aureus*. Introduksi tepung magot pada fagositosis secara *in vitro* dapat meningkatkan kinerja makrofag dengan perannya sebagai opsonin dilihat dari pengamatan dibawah SEM.

### Daftar Pustaka

- Albanese, A. (Ed.). (2012). *Protein and amino acid nutrition*. Elsevier.
- Aziz, F., Lestari, F.B., Nuraidah, S., Purwati, E., Salasia, S.I.O. (2016). Deteksi Gen Penyandi Sifat Resistensi Metisilin, Penisilin dan Tetrasiklin pada Isolat *Staphylococcus aureus* Asal Susu Mastitis Subklinis Sapi Perah. *Jurnal Sain Veteriner*. 34(1): 60-69. doi: doi.org/10.22146/jsv.22816
- Bancroft, J.D., Stevens, A. (1982). *Theory And Practice In Histological Techniques*. Churchill, London.
- Bovera, F., Loponte R., Marono S., Piccolo, G., Parisi, G., Iaconisi, V., Gasco, L., Nizza, A. (2016). Use of *Tenebrio molitor* Magote meal as protein source in broiler diet: Effect on growth performance, nutrient digestibility, and carcass and meat traits. *J Anim Sci*. 94: 639–647. doi:10.2527/jas2015-9201.
- Choi W.H., Yun, J.H., Chu, J.P., Chu, K.B. (2012). Antibacterial effect of extracts of *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) Magote against Gram-negative bacteria. *Entomological Research*. 42: 219–226. doi: 10.1111/j.1748-5967.2012.00465.x.
- Clinical and Laboratory Standards Institute. Performance standards for antimicrobial susceptibility testing; Fifteenth Informational Supplement. (2015). M100-S15. Wayne, PA.
- Crompton, M. J., and Dunstan, R. H. (2018). Evaluation of in-situ fatty acid extraction protocols for the analysis of staphylococcal cell membrane associated fatty acids by gas chromatography. *Journal of Chromatography B*. 1084: 80-88. doi: 10.1016/j.jchromb.2018.03.018
- Duke, P.J. (1990). *Modern Microscopies: Techniques and Applications*. Edisi 1, Plenum Press, New York.
- Flannagan, R. S., Heit, B., Heinrichs, D. E. (2015). Antimicrobial mechanisms of macrophages and the immune evasion strategies of *Staphylococcus aureus*. *Pathogens*. 4(4): 826-868. doi.org/10.3390/pathogens4040826
- Harlystiarini. (2017). Pemanfaatan Tepung Magot *Black Soldier Fly (Hermetia illucens)* sebagai Sumber Protein Pengganti Tepung Ikan pada Ransum Puyuh Petelur (*Cortunix cortunix japonica*). Tesis. Institut Pertanian Bogor.
- Hojilla-Evangelista, M. P., Evangelista, R. L. (2017). Effects of steam distillation and screw-pressing on extraction, composition and functional properties of protein in dehulled coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 94(2): 315-324. doi: 10.1007/s11746-017-2948-4
- Junaedi, M.S. (2016). Analisis faktor demografi, akses media dan sumber informasi terhadap kepedulian dan kesadaran

- lingkungan konsumen: kajian pemasaran yang berwawasan sosial. *Kinerja*. 7(2): 96-111.
- Khempaka S., Chitsatchapong, C., Molee, W. (2011). Effect of chitin and protein constituents in shrimp head meal on growth performance, nutrient digestibility, intestinal microbial populations, volatile fatty acids, and ammonia production in broilers. *J App Poult Res*. 20: 1–11. doi: 10.3382/japr.2010-00162.
- Kim S.A., Rhee, M.S. (2016). Highly enhanced bactericidal effects of medium chain fatty acids (caprylic, capric, and lauric acid) combined with edible plant essential oils (carvacrol, eugenol, b-resorcylic acid, trans-cinnamaldehyde, thymol, and vanillin) against *Escherichia coli* O157:H7. *Food Control*. 60: 447-454. doi: 10.1016/j.foodcont.2015.08.022.
- Krismaputri, M. E., Suthama, N., Pramono, Y. B. (2016). Pemberian soybean oligosaccharides dari ekstrak bungkil dan kulit kedelai terhadap pH usus, populasi *E. coli*, dan PBBH pada broiler. *Mediagro*. 12(2). doi: 10.31942/md.v12i2.1615
- Lee, S. B., Kim, B. K., Park, C. H., Park, G. H., Jin, Y. C., Kang, H. S., ... Lee, H. G. (2011). Effects of dietary probiotics and immunomodulator as an alternative to antibiotics in Korean Native Chicken. *Journal of animal science and technology*. 53(5): 409-418. doi:10.5187/JAST.2011.53.5.409
- Makkar H.P.S., Tran, G., Heuzé, V., Ankers, P. (2014). State of the art on use of insects in animal feed. *J Ani Feed Sci*. 197: 1–33. doi: 10.1016/j.anifeedsci. 2014.07.008.
- McBeath, W.H. (1992). Compendium for the Microbiological Examinations of Foods. 3rd ed. (US): American Public Health Association.
- Moretta, A., Salvia, R., Scieuzo, C., Di Somma, A., Vogel, H., Pucci, P., ...Falabella, P. (2020). A bioinformatic study of antimicrobial peptides identified in the Black Soldier Fly (BSF) *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Scientific reports*. 10(1): 1-14. doi: 10.1038/s41598-020-74017-9
- Nishio, E.K., Ribeiro, J.M., Oliveira, A.G., Andrade, C.G.T.J., Proni, E.A., Kobayashi, R.K.T., Nakazato, G. (2016) Antibacterial synergic effect of honey from two stingless bees: *Scaptotrigona bipunctata* Lepeletier, 1836, and *S. postica* Latreille, 1807. *Sci. Rep*. 6: 21641. doi: 10.1038/srep21641.
- Pan X., Chen, F., Wu, T., Tang, H., Zhao, Z. (2009). The acid, bile tolerance and antimicrobial property of *Lactobacillus acidophilus* NIT. *J. Food Control*. 20: 598-602. doi:10.1016/j.foodcont.2008.08.019.
- Park S.I., Chang, B.S., Yoe, S.M. (2014). Detection of antimicrobial substances from Larvae of the black soldier fly, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae). *Ento Res*. 44: 58-64. doi: 10.1111/1748-5967.12050.
- Purnamasari, L., Agus, A., Noviandi, C. T. (2019). Effects of Methionine-Cysteine Amino Acid Supplementations in the Aflatoxin B1 Contaminated Diet on Broiler Production Performance. *Buletin Peternakan*. 43(4). doi: 10.21059/buletinpeternak.v43i4.31150
- Ravindran, V. (2013). Main ingredients used in poultry feed formulations. *Poultry development review* (ed.) FAO. 67-69.
- Russin, T. A., Boye, J. I., Arcand, Y., Rajamohamed, S. H. (2011). Alternative techniques for defatting soy: a practical review. *Food and Bioprocess Technology*. 4(2): 200-223. doi: 10.1007/s11947-010-0367-8
- Salasia, S.I.O. (1994). Untersuchungen zu Mutmaßlichen Pathogenitäts faktoren von *Streptococcus suis*. *Vet. Med. Diss. Justus Liebig-Universität Gießen*.
- Sheehan, P.C., Hrapchak, B.R. (1980). *Theory and Practice of Histotechnology*, Second Edition, St Louis.



- Standar Nasional Indonesia<sup>a</sup>. (2016). Pakan Konsentrat-Bagian 5: Ayam ras pedaging. Badan Standardisasi Nasional.
- Standar Nasional Indonesia<sup>b</sup>. (2016). Pakan Konsentrat-Bagian 4: Ayam ras petelur. Badan Standardisasi Nasional.
- Sugiartanti, D.D., Salasia, S.I.O. (2018). Kemampuan Fagositosis Sel Makrofag Terhadap *Staphylococcus aureus* Isolat Asal Ayam dengan Opsonisasi Secara *In vitro*. In *Seminar Hayati V*. 101-109.
- Sutton, S. (2011). Measurement of Microbial Cells by Optical Density. *Journal of Validation Technology*. 17: 46-49.
- Tangendjaja, B. (2014). Usaha meningkatkan daya saing perunggasan Indonesia. *Memperkuat daya saing produk pertanian. Balitbang Kementan. Jakarta*. 307-340
- Thirumalaisamy, G., Muralidharan, J., Senthilkumar, S., Hema Sayee, R., Priyadharsini, M. (2016). Cost-effective feeding of poultry. *International Journal of Science, Environment and Technology*. 5(6): 3997-4005.
- Wibawan, I.W.T., Soejoedono, R.D. (2013). Intisari Immunologi Medis. Bogor (ID): Fakultas Kedokteran Hewan IPB.
- Widharto, Damaryanto, Lusia, R.P.M. (2020). Analisis Ekonomi Penggantian Pakan Komersial dengan Ampas Kecap Ekstrusi dan Ampas Kecap Fermentasi pada Pemeliharaan Ayam Pedaging. *Agrimor*, 5(4), 60-62. doi: 10.32938/ag.v5i4.1157
- Widianingrum, D.C., Salasia, S.I.O. (2021). Immunomodulator Effects of Virgin Coconut Oil in Wistar Rats Infected with *Staphylococcus aureus*. *JITV*.
- Widianingrum, D.C., Noviandi, C.T., Salasia, S.I.O. (2019). Antibacterial and immunomodulator activities of virgin coconut oil (VCO) against *Staphylococcus aureus*. *Heliyon*. 5(10): e02612. doi:10.1016/j.heliyon.2019.e02612.
- Widianingrum, D.C., Windria, S., Salasia, S.I.O. (2016). Antibiotic Resistance and Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus* Isolated from Bovine, Crossbred Etawa Goat and Human. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 11: 122-129. doi: 10.3923/ajava.2016.122.129
- Widodo, N., Krismaputri, M.E., Widianingrum, D. C. (2020). Aktivitas Anti-bakteri Tepung Daun Binahong (*Anredera cordifolia* (Ten.) Steenis) terhadap *Escherichia coli*, *Salmonella sp.* dan *Lactobacillus sp.* sebagai Fitobiotik. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*. 662-668.
- Zhang, X., Goncalves, R., Mosser, D.M. (2008). The isolation and characterization of murine macrophages. *Curr. Protoc. Imm.* 14-1. doi: 10.1002/0471142735.im1401s83