

**PENGARUH TEPUNG MAGGOT TERFERMENTASI TERHADAP
KUALITAS PAKAN DAN PERFORMA PERTUMBUHAN UDANG
VANNAMEI, *Litopenaeus vannamei***

**The Effect of Fermented Maggot Flour on the Quality of Feed
and Growth Performance of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus
vannamei***

RESTU PUTRI ASTUTI



**PROGAM STUDI MAGISTER ILMU PERIKANAN
FAKULTAS ILMU KELAUTAN DAN PERIKANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**THE EFFECT OF FERMENTED MAGGOT FLOUR ON THE
QUALITY OF FEED AND GROWTH PERFORMANCE OF PACIFIC
WHITE SHRIMP, *Litopenaeus vannamei***

**Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi Terhadap Kualitas
Pakan Dan Performa Pertumbuhan Udang Vannamei,
*Litopenaeus vannamei***

RESTU PUTRI ASTUTI

L012212008

THESIS

Submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of
Magister of Science (M.Si)



**MAGISTER PROGRAM IN FISHERIES SCIENCE
FACULTY OF MARINE SCIENCE AND FISHERIES
HASANUDDIN UNIVERSITY
MAKASSAR
2024**

HALAMAN PENGESAHAN TESIS

Judul Tesis : Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi Terhadap Kualitas Pakan dan Performa Pertumbuhan Udang Vannamei *Litopenaeus vannamei*

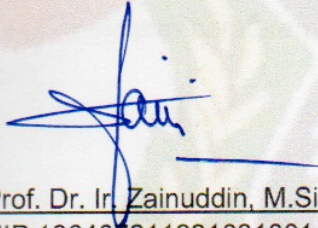
Nama Mahasiswa : Restu Putri Astuti

Nomor Pokok : L 0122 12 008

Program Studi : Ilmu Perikanan

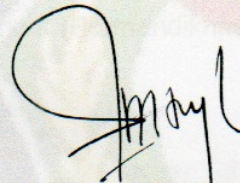
Tesis telah diperiksa dan disetujui oleh :

Pembimbing Utama,



Prof. Dr. Ir. Zainuddin, M.Si
NIP 196407211991031001

Pembimbing Anggota,



Prof. Dr. Ir. Siti Aslamyah, MP.
NIP 196909011993032003

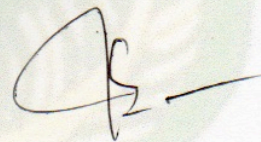
Mengetahui,

Dekan
Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan



Prof. Safruddin, S.Pi., MP., Ph.D.
NIP 197506112003121003

Ketua Program Studi
Ilmu Perikanan,



Dr. Ir. Badraeni, MP.
NIP 196510231991032001

Tanggal Lulus : 26 Februari 2024

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Restu Putri Astuti

NIM : L012212008

Progam studi : Magister Ilmu Perikanan

Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa tesis dengan Judul : "Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi Terhadap Kualitas Pakan dan Performa Pertumbuhan Udang *Vannamei* (*Litopenaeus vannamei*)" ini adalah karya penelitian saya sendiri dan bebas dari plagiasi. Di dalamnya tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik, juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali digunakan sebagai acuan dalam naskah ini, yang artinya sumber disebutkan sebagai referensi dan dituliskan pula di Daftar Pustaka. Apabila di kemudian hari terbukti terdapat plagiasi dalam karya ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan terkait (Permendiknas No.17, tahun 2007).

Makassar, 26 Februari 2024



Restu Putri Astuti
L012212008

PERNYATAAN KEPEMILIKAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Restu Putri Astuti

NIM : L012212008

Program studi : Magister Ilmu Perikanan

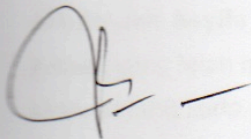
Fakultas : Ilmu Kelautan dan Perikanan

menyatakan bahwa publikasi sebagian atau keseluruhan isi tesis pada jurnal atau forum ilmiah lain harus seizin dan menyertakan tim pembimbing sebagai pemilik tulisan (author) dan Universitas Hasanuddin sebagai institusinya. Apabila dalam waktu sekurang-kurangnya dua semester (satu tahun) sejak pengesahan tesis saya tidak melakukan publikasi dari sebagian atau keseluruhan tesis ini, maka pembimbing sebagai salah seorang dari penulis berhak mempublikasikannya pada jurnal ilmiah yang ditentukan kemudian, sepanjang nama mahasiswa tetap diikuti.

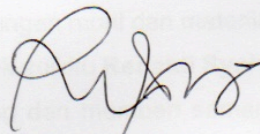
Makassar, 26 Februari 2024

Mengetahui,

Penulis



Dr. Ir. Badraeni, MP.
NIP 196510231991032001



Restu Putri Astuti
L012212008

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh

Segala puji syukur bagi Allah SWT karena atas berkah, rahmat dan inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan tesis yang berjudul "**Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi Terhadap Kualitas Pakan Dan Performa Pertumbuhan Udang Vannamei (*Litopenaeus Vannamei*)**". Penelitian tesis ini dilakukan selama 6 bulan dilakukan di Laboratorium Perikanan, Universitas Muhammadiyah, Malang. Tesis ini merupakan salah satu persyaratan untuk mencapai gelar Magister Sains Ilmu Perikanan, Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, Makassar. Adapun beberapa bagian dari tesis ini telah diterbitkan pada jurnal Internasional terindeks Scopus.

Pada penelitian ini, hambatan dan rintangan yang dihadapi merupakan pengalaman berharga bagi penulis. Semua ini tentu dikarenakan Allah SWT yang telah memberikan kekuatan dan adanya kemauan yang kuat dari penulis dalam menempuh pendidikan. Melalui kesempatan yang baik ini penulis menyampaikan ucapan terkhusus untuk Suami penulis, **Indar Wijaya** dan kedua anakku tercinta **Muhammad Sulthan Alfatih** dan **Asyifa Nur Indar** serta kedua orang tua Bapak **Suroso** dan Ibu **Sri Yuli Astuti**, yang telah mendoakan, memberikan dukungan moril dan materiil, perhatian dan kasih sayang serta penguat kepada penulis. Untuk adikku **Renaldi Syahputra**, saudara dan keluarga besar yang senantiasa mendukung dan memberi semangat selama ini semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan karuniaNya kepada keluarga kita. Amin Ya Rabbal Alamin.

Terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada bapak **Prof. Dr. Ir. Zainuddin, M.Si** dan Ibu **Prof. Dr.Ir. Siti Aslamyah, MP.** selaku pembimbing dalam penelitian ini yang telah dengan tulus membantu memberikan ilmu, motivasi, saran dan petunjuk yang sangat berharga dari awal persiapan, pelaksanaan penelitian hingga selesainya penyusunan tesis ini. Semoga Allah SWT membalas kebaikan bapak dan ibu.

Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan kontribusi dalam menyelesaikan tesis ini, khususnya kepada :

1. Bapak **Prof. Safruddin, S.Pi.,M.P., Ph.D.** Sebagai Dekan Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin.

2. Ibu **Dr. Ir. Badraeni, MP** selaku Ketua Progam Studi Magister Ilmu Perikanan dan sekaligus sebagai Dosen Penguji yang senantiasa memberikan saran dan kritik untuk perbaikan dan penyelesaian tesis.
3. Ibu **Dr. Marlina Achmad, S.Pi, M.Si** dan Ibu **Dr. Andi Aliah Hidayani, S.Si, M.Si.**, selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun.
4. **Bapak dan Ibu Dosen Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan, Universitas Hasanuddin, serta seluruh staf akademik dan non akademik** Magister Ilmu Perikanan Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmu dan membantu menyelesaikan segala bentuk berkas-berkas yang penulis butuhkan.
5. Bapak **H. Muchtar Ali Yusuf** selaku Bupati Kabupaten Bulukumba yang memberikan izin kepada penulis untuk menempuh pendidikan Magister Ilmu Perikanan.
6. **Kepala dan Staf Dinas Perikanan, serta BKPSDM Kabupaten Bulukumba** atas dukungan dan arahnya kepada penulis selama melanjutkan pendidikan Magister.
7. **Bapak dan Ibu Dosen, Staf Laboratorium dan rekan-rekan** di Jurusan Perikanan **Universitas Muhammadiyah Malang** yang telah memberikan ilmu dan *support* kepada penulis.
8. **Sahabat perjuangan Progam Studi Magister Ilmu Perikanan angkatan 2022 Ganjil** (Dwiayu Juliati Djuko, Andi Irmahyani, Tami Azzahra Nur, M. Irfham Ilyas, Ardiansyah Rusmadi dan M Ali Marassabessy) atas kebersamaan, memberikan doa dan dukungan bagi penulis selama menjalani studi magister.

Penulis berharap dengan disusunnya tesis ini dapat bermanfaat bukan hanya bagi penulis sebagai syarat kelulusan, namun dapat memberi nilai untuk kepentingan ilmu pengetahuan selanjutnya. Akhir kata penulis memohon dengan kerendahan hati, semoga segala amal baik serta jasa dari semua pihak yang membantu penulis mendapat berkat dan karunia Allah SWT. Aamiin Ya Rabbalamin.

Makassar, 26 Februari 2024

Restu Putri Astuti

BIODATA PENULIS



Restu Putri Astuti. Lahir pada tanggal 30 Juni 1991 di Malang, Jawa Timur merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari Bapak Suroso dan Ibu Sri Yuliasuti. Memulai pendidikan pada tahun 1997-2003 di SD Negeri Kebonsari III Malang, melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMP Negeri I Malang pada tahun 2003-2006 dan SMK Negeri 4 Malang tahun 2006-2009. Penulis menempuh pendidikan strata satu di jurusan Budidaya Perairan, Universitas Muhammadiyah Malang dari tahun 2010-2014. Pada tahun 2015, penulis mengawali karir sebagai analis laboratorium di Laboratorium Training Center PT. Central Proteina Prima, Tbk selama 2 tahun. Penulis mengikuti ujian CPNS berbasis CAT tahun 2018 dan dinyatakan lulus sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) tahun 2019 di Dinas Perikanan, Kabupaten Bulukumba. Pada tahun 2022 penulis melanjutkan studi Strata Dua Program Magister Ilmu Perikanan di Universitas Hasanuddin, Makassar dan mengakhiri masa studi dengan judul tesis "**Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi Terhadap Kualitas Pakan dan Performa Pertumbuhan Udang *Vannamei* (*Litopenaeus Vannamei*)**"

ABSTRAK

RESTU PUTRI ASTUTI. L012212008. Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi Terhadap Kualitas Pakan dan Performa Pertumbuhan Udang Vannamei, *Litopenaeus vannamei*” dibimbing oleh **Zainuddin** sebagai Pembimbing Utama dan **Siti Aslamyah** sebagai Pembimbing Anggota.

Maggot, *Hermetia illucens* merupakan larva serangga yang dikenal menjadi bahan baku alternatif pengganti tepung ikan. Namun kitin menjadi faktor pembatas dalam penggunaannya. Fermentasi dengan kombinasi air nanas dan mikroorganisme mix. sebagai alternatif fermentasi kimia. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi terhadap kualitas pakan dan performa pertumbuhan Udang vannamei, *Litopenaeus vannamei*. Udang vannamei PL 25 dengan bobot awal $\pm 0,4$ g dipelihara dengan kepadatan 20 ekor pada akuarium berukuran 60 x 50 x 50 cm yang berisi 20 L air bersalinitas 25 ppt dan dilengkapi sistem resirkulasi. Penelitian didesain dalam Rancangan Acak Lengkap. Perlakuan yang diuji adalah tingkat substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi, yakni 0, 25, 50, 75 dan 100%. Pemeliharaan dilakukan selama 60 hari dan diberi pakan percobaan 4 kali sehari pada pukul 07.00, 11.00, 16.00 dan 21.00 sebanyak 10% dari biomassa. Hasil menunjukkan bahwa substitusi tepung ikan dengan tepung maggot terfermentasi berbeda nyata terhadap kualitas pakan, meliputi kecepatan pecah, dispersi padatan, kecepatan tenggelam, dan tingkat kekerasan, serta performa pertumbuhan meliputi sintasan, biomassa, pertumbuhan berat mutlak, laju pertumbuhan spesifik, indeks hepatosomatik, tingkat konsumsi pakan dan rasio konversi pakan. Hasil uji W-Tuckey menunjukkan adanya perbedaan nyata pada parameter kualitas pakan. Tingkat substitusi tepung maggot terfermentasi 75% menunjukkan karakteristik pakan yang terbaik yakni kecepatan pecah dan dispersi padatan, dibandingkan dengan substitusi 0%. Tingkat kekerasan pakan memberikan hasil yang sama pada berbagai dosis tepung maggot terfermentasi. Parameter kecepatan tenggelam, dosis 0, 25 dan 50 berbeda nyata dengan 75 dan 100%. Analisis performa pertumbuhan menunjukkan sintasan pada dosis substitusi 75 dan 100% berbeda nyata dibandingkan perlakuan lain. Tingkat pertumbuhan spesifik pada dosis 50 dan 75% memberikan nilai yang sama. Tingkat konsumsi pakan dan biomassa berbeda nyata pada dosis 75% dan 100%. Rasio konversi pakan terbaik pada tingkat substitusi 100%, sedangkan indeks hepatosomatik berbeda nyata pada dosis 75%. Berdasarkan hasil penelitian ini, disimpulkan bahwa dosis 75% tepung maggot terfermentasi adalah terbaik berdasarkan kualitas pakan dan performa pertumbuhan udang vannamei.

Kata kunci : Maggot, Kualitas Pakan, Pertumbuhan, Udang Vannamei

ABSTRACT

RESTU PUTRI ASTUTI. L012212008. The Effect of Fermented Maggot Flour on the Quality of Feed and Growth Performance of Pacific White Shrimp, *Litopenaeus vannamei* supervised by **Zainuddin** as the Main Supervisor and **Siti Aslamyah** as the Member Supervisor.

Maggot, *Hermetia illucens* is an insect larva which is known to be an alternative raw material for fish meal. However, chitin is a limiting factor in its use. Fermentation with a combination of pineapple water and mixed microorganisms as an alternative to chemical fermentation. This research aims to determine the level of substitution of fish meal with fermented maggot flour on feed quality and growth performance of Pacific white shrimp, *Litopenaeus vannamei*. Shrimp *vannamei* which was used PL 25 with an initial weight of +0.4 g were kept at a density of 20 in an aquarium measuring 60 x 50 x 50 cm containing 20 L of water with a salinity of 25 ppt and equipped with a recirculation system. The research was designed in a Completely Randomized Design. The treatments tested were the levels of substitution of fish meal with fermented maggot flour, namely 0, 25, 50, 75 and 100%. The juveniles were cultivated for 60 days and experimental feed was given 4 times a day at 07.00, 11.00, 16.00 and 21.00 as much as 10% of the biomass. The results show that the substitution of fish meal with fermented maggot flour give a significant effect on feed quality, including breaking speed, solid dispersion, sinking speed, and hardness level, as well as growth performance including survival, biomass, absolute weight growth, specific growth rate, hepatosomatic index, feed consumption level and feed conversion ratio. The results of the W-Tuckey test showed that there were differences in feed quality parameters. The 75% fermented maggot flour substitution level shows the best feed characteristics, namely breaking speed and solid dispersion, compared to 0% substitution. The level of feed hardness gave the same results at various doses of fermented maggot flour. The sinking speed parameters, doses of 0, 25 and 50 are significantly different from 75 and 100%. Analysis of growth performance showed that survival at 75 and 100% substitution doses was significantly different compared to other treatments. Specific growth rates at doses of 50 and 75% gave similar values. The levels of feed consumption and biomass were significantly different at doses of 75% and 100%. The best feed conversion ratio was at a substitution level of 100%, while the hepatosomatic index was significantly different at a dose of 75%. Based on the results of this research, it was concluded that a dose of 75% fermented maggot flour was the best based on feed quality and growth performance of *vannamei* shrimp.

Keywords : Maggot, Feed Quality, Growth, Pacific White Shrimp

DAFTAR ISI

Nomor	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan dan Kegunaan	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. Kebutuhan Nutrisi Udang Vannamei.	4
B. Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Vannamei.	5
C. Kandungan Nutrisi Maggot	6
D. Kualitas Pakan Berdasarkan Uji Fisik, Kimia dan Organoleptik	8
E. Fermentasi.....	9
F. Laju Pengosongan Lambung	12
G. Indeks Hepatosomatik	12
H. Pertumbuhan	13
I. Kualitas Air	13
J. Kerangka Pikir Penelitian	16
K. Hipotesis Penelitian	17
III. METODE PENELITIAN	19
A. Waktu dan Tempat Penelitian.....	19
B. Materi Penelitian	19
1. Hewan Uji	19
2. Wadah Pemeliharaan	19
3. Pakan Uji	19
C. Prosedur Penelitian	19
1. Fermentasi Maggot.....	19
2. Pembuatan Pakan Uji.....	20
3. Pemeliharaan Udang Uji.....	21
D. Rancangan Percobaan dan Perlakuan.....	22
E. Parameter Pengamatan.....	23
1. Kandungan Kitin dan Proksimat pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi	23

2. Kualitas Pakan.....	23
a. Uji Fisik Pakan.....	24
b. Komposisi Kimia Pakan Uji.....	24
c. Uji Organoleptik Pakan.....	24
3. Sintasan.....	25
4. Laju Pertumbuhan Spesifik.....	26
5. Biomassa.....	26
6. Pertumbuhan Berat Mutlak.....	26
7. Tingkat Konsumsi Pakan.....	26
8. Rasio Konversi Pakan.....	27
9. Indeks hepatosomatik.....	27
10. Laju Pengosongan Lambung.....	27
11. Kualitas Air.....	28
F. Analisis Data.....	28
IV. HASIL.....	29
A. Kandungan Kitin dan Proksimat pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi.....	29
1. Kandungan Kitin pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi	29
2. Analisis Proksimat pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi.....	29
B. Kualitas Pakan.....	30
1. Uji Fisik Pakan.....	30
2. Uji Kimiawi Pakan.....	31
3. Uji Organoleptik Pakan.....	31
C. Sintasan.....	33
D. Laju Pertumbuhan Spesifik.....	34
E. Biomassa.....	34
F. Pertumbuhan Berat Mutlak.....	35
G. Tingkat Konsumsi Pakan.....	35
H. Rasio Konversi Pakan.....	36
I. Indeks hepatosomatik.....	37
J. Laju Pengosongan Lambung.....	37
K. Kualitas Air.....	38
V. PEMBAHASAN.....	39
A. Kandungan Kitin dan Proksimat pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi.....	39
1. Kandungan Kitin pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi	39

2. Analisis Proksimat pada Tepung Maggot Sebelum dan Setelah Fermentasi.....	41
B. Kualitas Pakan.....	42
1. Uji Fisik Pakan.....	42
2. Uji Kimiawi Pakan.....	45
3. Uji Organoleptik Pakan.....	46
C. Sintasan.....	49
D. Laju Pertumbuhan Spesifik.....	51
E. Biomassa	52
F. Pertumbuhan Berat Mutlak	53
G. Tingkat Konsumsi Pakan.....	55
H. Rasio Konversi Pakan	56
I. Indeks hepatosomatik	57
J. Laju Pengosongan Lambung.....	58
K. Kualitas Air.....	59
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	62
A. Kesimpulan	62
B. Saran	62
DAFTAR PUSTAKA	63
LAMPIRAN.....	77

DAFTAR TABEL

Nomor	Halaman
1. Perbandingan kandungan asam amino pada maggot dan tepung ikan.....	1
2. Formulasi pakan yang digunakan selama penelitian.....	21
3. Kriteria penilaian berbagai jenis tepung maggot.....	25
4. Rata-rata kandungan kitin tepung maggot sebelum dan setelah fermentasi	29
5. Hasil analisis proksimat (% bk) sebelum dan setelah fermentasi	29
6. Rata-rata parameter uji fisik pakan dengan berbagai konsentrasi tepung maggot terfermentasi.....	30
7. Hasil analisis proksimat dengan berbagai konsentrasi tepung maggot terfermentasi pada pakan buatan	31
8. Hasil uji organoleptik berbagai jenis tepung maggot.....	31
9. Uji organoleptik pada pakan uji yang mengandung berbagai konsentrasi tepung maggot terfermentasi	32
10. Rata-rata sintasan udang vannamei selama penelitian	33
11. Rata-rata laju pertumbuhan spesifik udang vannamei selama penelitian	34
12. Rata-rata biomassa udang vannamei selama penelitian	34
13. Rata-rata pertumbuhan berat mutlak udang vannamei selama penelitian	35
14. Rata-rata tingkat konsumsi pakan udang vannamei selama penelitian	36
15. Rata-rata rasio konversi pakan udang vannamei selama penelitian	36
16. Rata-rata indeks hepatosomatik udang vannamei selama penelitian.....	37
17. Rata-rata laju pengosongan lambung udang vannamei selama penelitian.....	37
18. Hasil pengukuran kualitas air selama penelitian	38

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Halaman
1. Maggot (<i>Hermetia illucens</i>)	6
2. Kerangka pikir penelitian	17
3. Tata letak wadah percobaan pada penelitian.....	23
4. Berbagai jenis tepung maggot	32
5. Pakan uji	32

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	Halaman
1. Metode pengukuran kitin pada maggot.....	78
2. Rata-rata kitin pada tepung maggot sebelum fermentasi.....	79
3. Rata-rata kitin pada tepung maggot setelah fermentasi.....	80
4. Data kecepatan pecah pakan uji selama penelitian.....	82
5. Hasil analisis ragam kecepatan pecah pakan uji selama penelitian.....	82
6. Uji lanjut W-Tuckey kecepatan pecah pakan uji selama penelitian.....	83
7. Data dispersi padatan pakan uji selama penelitian.....	84
8. Hasil analisis ragam dispersi padatan pakan uji selama penelitian.....	84
9. Uji lanjut W-Tuckey dispersi padatan pakan uji selama penelitian.....	85
10. Data tingkat kekerasan pakan uji selama penelitian.....	86
11. Hasil analisis ragam tingkat kekerasan pakan uji selama penelitian.....	86
12. Uji lanjut W-Tuckey tingkat kekerasan pakan uji selama penelitian.....	87
13. Data tingkat kecepatan tenggelam pakan uji selama penelitian.....	87
14. Hasil analisis ragam kecepatan tenggelam pakan uji selama penelitian.....	88
15. Uji lanjut W-Tuckey kecepatan tenggelam pakan uji selama penelitian.....	89
16. Data uji organoleptik pada berbagai jenis tepung maggot terfermentasi.....	90
17. Data uji organoleptik pada pakan uji yang mengandung berbagai konsentrasi tepung maggot terfermentasi.....	91
18. Rata-rata sintasan udang vannamei pada akhir penelitian.....	91
19. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap sintasan udang vannamei pada akhir penelitian.....	92
20. Uji lanjut W-Tuckey pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap sintasan udang vannamei pada akhir penelitian.....	92
21. Rata-rata laju pertumbuhan spesifik udang vannamei pada akhir penelitian.....	93
22. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap laju pertumbuhan spesifik udang vannamei pada akhir penelitian.....	93
23. Uji lanjut W-Tuckey pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap laju pertumbuhan spesifik udang vannamei pada akhir penelitian.....	94
24. Rata-rata biomassa udang vannamei pada akhir penelitian	95

25. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap biomassa udang vannamei pada akhir penelitian.....	95
26. Uji lanjut W-Tuckey pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap biomassa udang vannamei pada akhir penelitian.....	96
27. Rata-rata pertumbuhan berat mutlak udang vannamei pada akhir penelitian.....	97
28. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap pertumbuhan berat mutlak udang vannamei pada akhir penelitian.....	97
29. Uji lanjut W-Tuckey pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap pertumbuhan berat mutlak udang vannamei pada akhir penelitian.....	98
30. Rata-rata tingkat konsumsi pakan udang vannamei pada akhir penelitian.....	99
31. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap tingkat konsumsi pakan udang vannamei pada akhir penelitian.....	99
32. Uji lanjut W-Tuckey tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap tingkat konsumsi pakan udang vannamei pada akhir penelitian.....	100
33. Rata-rata rasio konversi pakan udang vannamei pada akhir penelitian.....	101
34. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap rasio konversi pakan udang vannamei pada akhir penelitian.....	101
35. Uji lanjut W-Tuckey tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap rasio konversi pakan udang vannamei pada akhir penelitian.....	102
36. Rata-rata indeks hepatosomatik udang vannamei pada akhir penelitian.....	103
37. Hasil analisis ragam pengaruh tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap indeks hepatosomatik udang vannamei pada akhir penelitian.....	103
38. Uji lanjut W-Tuckey tepung maggot terfermentasi dalam pakan terhadap indeks hepatosomatik udang vannamei pada akhir penelitian.....	104
39. Data pengukuran ammonia selama penelitian.....	105
40. Dokumentasi penelitian.....	106

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pada kegiatan budidaya udang vannamei, pakan sebagai sumber nutrisi berperan penting untuk menunjang pertumbuhan dan kelangsungan hidup. Menurut NRC (2011), udang vannamei membutuhkan pakan yang mengandung protein tingkat tinggi yang dapat dicerna antara 300-400 g/kg pakan. Hal ini tentu saja berdampak tingginya biaya pakan berkisar 30-70% dari total biaya produksi (Hugues *et al.*, 2018) yang berpengaruh pada menurunnya keuntungan yang didapatkan para pembudidaya. Kendala yang dihadapi saat ini adalah hampir 50% sumber protein pada pakan seperti tepung ikan dipenuhi dari impor. Namun, penggunaan tepung ikan terbatas dalam produksi pakan ikan karena tingginya harga dan penurunan sumber daya perikanan akibat eksploitasi yang semakin tidak terkendali (Yan *et al.*, 2014). Oleh karena itu, perlu dikembangkan bahan pakan alternatif yang dapat membatasi penggunaan tepung ikan pada pakan udang agar kegiatan tersebut lebih ramah lingkungan.

Maggot (*Hermetia illucens*) adalah salah satu insekta yang berpotensi menggantikan tepung ikan impor. Menurut Fauzi dan Sari (2018), maggot mengandung 41-42% protein kasar, 31-35% lemak kasar, 14-15% abu, 4,8-5,1% kalsium, dan 0,6-0,63% fosfor dalam bentuk kering. Selain itu maggot memiliki kandungan asam amino yang setara dengan tepung ikan, memiliki berbagai jenis *antimicrobial peptide* (AMP) dan senyawa lain yang menghambat mikroorganisme patogen, mudah dibudidayakan namun pemanfaatannya sebagai bahan baku pakan dibatasi oleh kandungan kitin. Menurut Soetamans L *et al.*, (2020) kandungan kitin pada maggot berkisar antara 8% hingga 24%. Sebagai serat yang tidak dapat dicerna, kitin dapat berdampak negatif terhadap pencernaan protein dan lemak, yang mengarah pada tren penghilangan kitin dalam aplikasi pakan. Hasil penelitian dari Shin dan Lee (2021) menunjukkan bahwa ketika udang vannamei diberi pakan maggot hingga 30%, kinerja pertumbuhan meningkat secara signifikan, tetapi pencernaan kitin dalam tepung serangga yang diuji dibandingkan dengan nutrisi lain tingkatnya relatif rendah (28-36%).

Upaya untuk menurunkan kadar kitin pada maggot dapat dilakukan dengan melakukan proses fermentasi. Fermentasi adalah proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan mikroorganisme (Pamungkas, 2011). Pengolahan bahan baku maggot dengan menggunakan metode fermentasi menggunakan enzim proteolitik komersial dan bahan kimia seperti asam

formiat dan asam propionat yang harganya relatif mahal dan berpotensi mencemari lingkungan. Sebagai alternatif yang lebih terjangkau, penggunaan enzim proteolitik dari sumber alami tanaman seperti nanas, *Ananas comosus*. Enzim bromelain yang terdapat dalam nanas memiliki kemampuan untuk pra-perlakuan kitin dengan memecah ikatan sistein-peptida dalam protein dan menurunkan nilai pH (keasaman) yang dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme patogen yang merusak produk fermentasi. Temuan ini sejalan dengan riset yang dilakukan oleh Sukanya *et al.* (2022), yang menunjukkan bahwa ekstraksi kitin dari limbah cangkang udang menggunakan bromelain nanas dapat dilakukan secara efektif dan ekonomis. Pada penelitian lainnya, Psarianos *et al.* (2022) menggunakan fermentasi bakteri *Lactococcus lactis* dan deproteinisasi bromelain untuk memisahkan kitin dari jangkrik (*Acheta domesticus*).

Keberhasilan proses fermentasi sangat dipengaruhi oleh jenis fermentor yang digunakan. Penelitian oleh Aslamyah *et al.* (2018) mengemukakan bahwa penggunaan mikroorganisme mix, yang merupakan probiotik yang terdiri dari campuran berbagai mikroba seperti bakteri, jamur, khamir, dan kapang, dapat memberikan kontribusi positif terhadap peningkatan kualitas pakan. Mikroorganisme ini mampu menghasilkan enzim, seperti enzim protease, amilase, dan lipase, yang berpengaruh pada pencernaan bahan pakan. Penelitian ini penting untuk dilakukan karena belum ada penelitian tentang pengaruh maggot terfermentasi yang memanfaatkan enzim bromelain nanas dan mikroorganisme mix. Substitusi tepung maggot terfermentasi terhadap tepung ikan dengan dosis yang tepat diharapkan dapat meningkatkan kualitas pakan sehingga meningkatkan performa pertumbuhan udang vannamei. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam mengurangi biaya produksi pakan sehingga mampu meningkatkan pendapatan para pembudidaya udang vannamei.

B. Rumusan Masalah

Maggot (*Hermetia illucens*) sebagai bahan baku pakan alternatif mengandung kitin yang tidak dapat dicerna oleh udang vannamei. Untuk itu diperlukan pengolahan bahan baku maggot dengan metode fermentasi menggunakan air nanas yang mengandung enzim bromelain dan mikroorganisme mix yang dinilai dapat menjadi alternatif penggunaan bahan kimia yang cenderung mahal dan mencemari lingkungan. Metode fermentasi biologi ini diharapkan mampu meningkatkan pencernaan nutrisi dari pakan sehingga udang vannamei dapat tumbuh dengan optimal. Berdasarkan uraian tersebut maka perlu dilakukan penelitian “Pengaruh Tepung Maggot Terfermentasi terhadap Kualitas Pakan dan Performa Pertumbuhan

Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*)” dengan merumuskan pertanyaan penelitian sebagai berikut :

1. Bagaimanakah kualitas pakan maggot terfermentasi berdasarkan uji kitin, organoleptik, fisik dan kimia?
2. Pada tingkat substitusi berapakah tepung maggot terfermentasi pada pakan buatan yang terbaik performa pertumbuhan pada udang vannamei?

C. Tujuan dan Kegunaan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini yaitu :

1. Menganalisis kualitas pakan maggot terfermentasi berdasarkan uji kandungan kitin, organoleptik, fisik dan kimia.
2. Menentukan tingkat substitusi tepung maggot terfermentasi pada pakan buatan yang terbaik untuk performa pertumbuhan pada udang vannamei.

Kegunaan dari penelitian ini untuk memberikan informasi tentang penggunaan air nanas dan mikroorganisme mix dalam pengolahan bahan baku maggot menjadi tepung maggot terfermentasi sehingga dapat dijadikan substitusi tepung ikan dalam pakan buatan udang vannamei. Dengan demikian penggunaan tepung maggot fermentasi ini dapat meningkatkan kualitas pakan dan performa pertumbuhan udang vannamei.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Kebutuhan Nutrisi Udang Vannamei

Nutrisi merupakan salah satu aspek yang perlu diperhatikan bagi kehidupan bagi suatu organisme. Pakan yang baik harus mengandung nutrisi yang lengkap dan seimbang bagi kebutuhan udang untuk pertumbuhan, reproduksi dan kelangsungan hidupnya (Nuhman, 2009). Pakan merupakan sumber nutrisi yang terdiri dari protein, lemak, karbohidrat, vitamin, dan mineral yang dibutuhkan udang untuk pertumbuhan dan perkembangan secara optimal sehingga produktivitasnya bisa ditingkatkan (Panjaitan *et al.*, 2014).

Menurut Kureshy dan Davis (2002) kebutuhan protein udang vannamei postlarvae, yaitu sekitar 30–32%. Lebih lanjut pada penelitian Lee dan Lee (2018) kadar protein kasar pakan yang optimal adalah 34,5, 35,6, dan 32,2% udang vannamei dalam tiga tahap pertumbuhan yang berbeda (masing-masing, udang ukuran kecil, sedang, dan besar). Hal ini didukung dengan pernyataan Zainuddin (2016) bahwa kebutuhan protein untuk udang post larva yaitu 30-35%. Protein merupakan komponen nutrisi yang sangat dibutuhkan untuk memperbaiki kerusakan jaringan dan memelihara fungsi-fungsi rutin tubuh udang (Wang *et al.*, 2015). Udang membutuhkan nutrisi pada pakan dalam bentuk lemak untuk memenuhi kebutuhan energi dan proses metabolisme. Lemak merupakan komponen penting pakan yakni sebagai sumber energi dan asam lemak, struktur biologis dan fungsi normal sel (Arts dan Kohler, 2009; Bou *et al.*, 2017). Kebutuhan lemak berkisar antara 12-15% (Rahman *et al.*, 2018). Kebutuhan lemak pada pakan yang telah diserap oleh udang digunakan untuk memenuhi kebutuhan metabolisme pada udang vannamei.

Udang membutuhkan karbohidrat untuk memenuhi kebutuhan energi dan persediaan makanan di dalam tubuh. Hasil penelitian Zainuddin *et al.* (2014) menunjukkan bahwa peningkatan karbohidrat hingga 38% dalam formulasi pakan udang vannamei dengan frekuensi pemberian empat kali per hari memberikan laju pertumbuhan yang lebih tinggi dibandingkan dengan pakan dengan karbohidrat yang lebih rendah yakni 18% dan 32%. Selanjutnya pada penelitian Zainuddin *et al.* (2018), tepung ubi jalar dapat dipergunakan sebagai sumber karbohidrat dalam pakan udang vannamei dibandingkan tepung jagung, tepung dedak padi dan tepung terigu.

Untuk pertumbuhan normal, reproduksi, dan kesehatan optimal, vitamin dibutuhkan dalam jumlah kecil. Senyawa organik esensial ini tidak dapat diperoleh oleh tubuh ikan. Vitamin ini memegang peranan vital dalam metabolisme terutama

untuk menjaga agar proses-proses yang terjadi didalam tubuh ikan tetap berlangsung dengan baik. Pada dasarnya senyawa ini digunakan oleh tubuh untuk tumbuh dan berkembang secara normal (Husma, 2017). Kebutuhan vitamin pada pakan udang vannamei yakni vitamin B₆ sebesar 106.95–151.92 mg/kg (Li *et al.*, 2010) dan vitamin D₃ sebesar 6366 IU/kg (Wen *et al.*, 2015).

Mineral dibutuhkan udang vannamei seperti Cu, Zn, Fe, Se, dan Mn untuk meningkatkan pertumbuhan, meningkatkan metabolisme dan kesehatan. Seperti Zn adalah mineral esensial untuk proses biokimia seperti metabolisme regulasi gen, menjaga kesehatan tulang dan sel serta produksi energi dan akhirnya pertumbuhan (Watanabe *et al.*, 1997). Cu (copper/tembaga) merupakan mineral yang penting untuk molting dan reproduksi pada udang vannamei. Kebutuhan tembaga pada pakan udang vannamei sebesar 15–21 mg/kg (Lee dan Shiau, 2002). Selain itu, udang juga membutuhkan unsur Ca dan P sebesar 1,2:1 (Husma, 2017). Kebanyakan pemberian mineral diformulasikan dalam pakan dalam bentuk mineral campuran (kalsium, fosfor, magnesium, besi, mangan dan selenium). Vitamin juga sebagai komponen organik untuk mendukung pertumbuhan yang normal dan *maintenance* tubuhnya. Seperti halnya hewan lain, krustasea tidak dapat mensintesis vitamin sendiri sehingga harus ditambahkan dalam formulasi pakan.

B. Pakan dan Kebiasaan Makan Udang Vannamei

Udang vannamei hidup dan mencari makan di dasar perairan (*benthic*). Udang vanname merupakan hewan pemakan lambat dan terus-menerus dan digolongkan ke dalam hewan pemakan segala macam bangkai (*omnivorous scavenger*) atau pemakan detritus dan karnivor yang memakan krustasea kecil, amphipoda, dan polychaeta. Pakan yang diberikan harus sesuai dengan kebutuhan nutrisi udang vannamei. Nutrisi yang dibutuhkan udang vannamei antara lain protein lemak, vitamin, asam amino esensial. Nutrisi tersebut digunakan aktivitas pertumbuhan dan reproduksi udang (Haliman dan Adijaya, 2005).

Pakan yang mengandung senyawa organik, seperti protein, asam amino, dan asam lemak, maka udang akan merespon dengan cara mendekati sumber pakan tersebut. Saat mendekati sumber pakan, udang akan berenang menggunakan kaki jalan yang memiliki capit. Pakan langsung dijepit menggunakan capit kaki jalan, kemudian dimasukkan ke dalam mulut. Selanjutnya, pakan yang berukuran kecil masuk ke dalam kerongkongan (*Esophagus*). Bila pakan yang dikonsumsi berukuran lebih besar, akan dicerna secara kimiawi terlebih dahulu oleh maxilliped di dalam mulut (Effendie, 2002). Udang vannamei termasuk golongan udang penaeid. Maka sifatnya antara lain bersifat *nocturnal*, artinya aktif mencari makan pada malam hari

atau apabila intensitas cahaya berkurang. Sedangkan pada siang hari yang cerah lebih banyak pasif, diam pada rumpon yang terdapat dalam air tambak atau membenamkan diri dalam lumpur (Effendie, 2002).

C. Kandungan Nutrisi Maggot



Gambar 1. Maggot (*Hermetia illucens*)

Maggot (*Hermetia illucens*) merupakan larva serangga *Black Soldier Fly* yang dapat mengkonversi limbah organik menjadi protein dan lemak dalam biomassa tubuhnya (Diener *et al.*, 2011). Hal ini disebabkan adanya aktivitas selulolitik dari bakteri pada usus larva maggot yang dapat mengkonversi limbah organik di dalam ususnya (Supriyatna dan Ukit, 2016). Maggot menjadi kandidat yang sangat baik sebagai sumber protein ramah lingkungan (Gold *et al.*, 2018). Menurut Makkar *et al.* (2014) kandungan nutrisi maggot terdiri dari protein kasar 42,1% sedangkan maggot yang telah dihilangkan lemaknya memiliki kandungan protein lebih tinggi sebesar 56,9%, lemak sebesar 26%, kalsium 7,56%, dan fosfor 0,90% serta asam amino seperti metionin, leusin, cysteine, histidine, lisin, histidin, triptofan, and tirosin. Maggot memiliki profil nutrisi yang relatif mirip dengan tepung ikan dalam hal komposisi asam amino dan asam lemak (Barroso *et al.*, 2017; Belghit *et al.*, 2019a; Makkar *et al.*, 2014; Tran *et al.*, 2015). Kandungan asam amino antara maggot dan tepung ikan disajikan pada tabel 1.

Kitin merupakan polimer dari N-acetylglukosamin dalam eksoskeleton serangga (Rathore dan Gupta, 2015). Kitin terikat pada rangka luar, protein, mineral dan pigmen (Nasution *et al.*, 2020). Menurut Soetamans L *et al.* (2020) kandungan kitin pada maggot berkisar antara 8% hingga 24% bergantung pada fase hidup maggot yakni fase pelepasan dan kepompong yang paling kaya kitin. Dampak negatif keberadaan kitin pada pakan maggot bisa berpengaruh pada pencernaan nutrisi sehingga berakibat berkurangnya pertumbuhan ikan. Kandungan kitin lebih dari 10% terbukti mengurangi pertumbuhan dan asupan pakan pada ikan *rainbow trout* (Kroeckel *et al.*, 2012).

Tabel 1. Perbandingan kandungan asam amino pada maggot dan tepung ikan

Asam amino (% protein)	Maggot	Tepung ikan
a. Esensial		
Aspartic acid	1,63	1,69
Threonine	0,60	0,64
Valin	0,75	0,84
Methionine	0,22	0,18
Ileusine	0,71	0,74
Leusine	1,30	1,27
Histidin	0,49	0,46
Phenylalanine	0,80	0,78
Lysine	0,93	0,34
Arginin	0,54	0,46
b. Non esensial		
Serin	0,72	0,71
Glutamate	2,73	2,59
Glisine Glycine	1,02	1,26
Alanine	0,93	0,95
Tyrosine	0,34	0,32
Total Asam Amino	13,67	13,30

Sumber : Hasil Uji Lab Sains Terpadu IPB, 2019 (Al Rizki *et al.*, 2021)

Hasil penelitian Shin dan Lee (2021), performa pertumbuhan meningkat secara signifikan ketika udang vannamei diberi pakan maggot sebanyak 30% namun pencernaan kitin dari tepung serangga yang diuji relatif lebih rendah (28-36%) dibandingkan dengan nutrisi lainnya. Senada dengan Clark *et al.* (1993) melaporkan bahwa pencernaan kitin krustasea sangat rendah pada *L. vannamei* ukuran dewasa (17 g; 36%), udang putih Atlantik (*L. setiferus*) (35 g; 33%) dan udang merah muda (*Farfantepenaeus duorarum*) (17 g; 52%). Selanjutnya pada penelitian Yuhang He *et al.* (2022) penggantian pakan maggot segar pada udang vannamei maksimal 25% karena kitin dari maggot dapat memperlambat pergerakan nutrisi di saluran pencernaan dan penyerapan nutrisi serta tingginya aktivitas protease udang vannamei dibandingkan pakan komersial akibat adanya kitin pada eksoskeleton maggot.

Kitin pada maggot dapat dicerna oleh ikan menggunakan enzim kitinase yang faktor utamanya dari jenis ikan dan ketersediaan bakteri usus (Katya *et al.*, 2017; Rust, 2002). Oleh karena itu, tingkat substitusi maggot yang lebih tinggi pada pakan

dapat disebabkan oleh adanya kitin, yang mengganggu asupan pakan dan memperlambat pertumbuhan ikan (Gopalakannan dan Arul, 2006; Katya *et al.*, 2017; Shiau dan Yu, 1999). Kandungan kitin pada maggot juga dipengaruhi pada metode budidaya dan pengolahan maggot yang berpengaruh pada pencernaan dan pertumbuhan ikan. Seperti pada penelitian yang membandingkan komposisi kitin maggot yang dipelihara pada berbagai substrat pertumbuhan, menghitung bahwa kandungan protein pakan maggot lebih rendah 6% setelah dikoreksi untuk kitin (Spranghers *et al.*, 2017) karena berdampak langsung pada profil nutrisi maggot.

Belghit *et al.* (2018) menyatakan bahwa teknik pengolahan maggot dinilai menguntungkan dalam menghilangkan kitin dalam menghasilkan pakan maggot tanpa nutrisi yang tidak dapat dicerna. Teknik pengolahan maggot dengan memisahkan mantel dari biomassa sebelum menjadi tepung protein dan minyak, yang menghasilkan konsentrasi kitin yang rendah dalam tepung. Secara keseluruhan, hasil yang bervariasi dalam performa pertumbuhan antara percobaan yang berbeda mungkin karena perbedaan tingkat toleransi bahan serangga antara spesies ikan yang berbeda, tetapi juga karena berbagai tahap kehidupan ikan yang digunakan untuk percobaan. Namun, secara umum kitin merupakan faktor pembatas, yang membatasi aplikasi serangga dalam pakan (Ng *et al.*, 2001; Sanchez-Muros *et al.*, 2014).

D. Kualitas Pakan Berdasarkan Uji Fisik, Kimia dan Organoleptik

Dalam pembuatan pakan ikan sangat penting untuk mengetahui nilai nutrisi dari setiap bahan baku pakan yang akan dipergunakan karena berkaitan dengan formulasi pakan. Pakan buatan yang berkualitas baik harus memenuhi beberapa kriteria, yaitu kandungan gizi pakan terutama protein harus sesuai dengan kebutuhan ikan, kandungan nutrisi pakan mudah diserap tubuh, kandungan abunya rendah dan tingkat efektivitas tinggi. Menurut Handajani dan Widodo (2010), Pakan yang akan diberikan pada ikan harus diuji seperti uji fisik, kimia dan organoleptik yang bertujuan untuk mengetahui kualitas suatu pakan uji untuk ikan. Uji fisik meliputi tingkat kehalusan bahan baku pakan, kekerasan pellet, daya tahan dalam air dan daya apung pellet. Semakin halus bahan pakan menyebabkan semakin memudahkan untuk pembuatan pellet berkualitas. Faktor yang mempengaruhi bahan baku pakan sulit halus yakni tingginya serat kasar, kadar air dan kekerasan bahan pakan. Uji kekerasan pellet untuk mengetahui pellet yang dapat bertahan lama di dalam air. Pellet yang keras umumnya berasal dari pencampuran bahan baku yang relatif halus. Semakin keras pellet maka akan semakin lama bertahan di dalam air. Uji daya tahan dalam air dilakukan dengan merendam pellet tersebut tahan dalam air sampai

hancur. Semakin lama pellet tersebut hancur maka semakin baik kualitas pellet tersebut. Hal ini dapat diatasi dengan penggunaan perekat, lama pengeringan yang optimal dan memperbesar ukuran pellet seoptimal mungkin.

Kualitas pellet ikan dapat diketahui melalui analisis proksimat, yaitu suatu metode analisis kimia yang digunakan untuk mengidentifikasi kandungan zat dari bahan pakan. Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui komposisi kimia bahan pakan yang meliputi energi, protein, lemak, serat kasar, abu, mineral dan air (Jobling, 2011). Pemeriksaan organoleptik pakan percobaan oleh Aslamyah *et al.* (2021) meliputi penampakan pakan, tekstur, aroma dan warna. Penampakan pakan dapat dilihat dari permukaan pakan menjadi halus, berserat atau berongga. Tekstur pakan dipengaruhi oleh kehalusan bahan baku, jumlah serat dan jenis bahan pengikat yang digunakan. Aroma pakan menentukan kualitas pakan, karena sangat erat kaitannya dengan atraktan pakan oleh penerima, tergantung pada jenis dan jumlah atraktan yang ditambahkan dalam proses pembuatan pakan. Warna pakan sangat tergantung pada jenis bahan baku yang digunakan.

Beberapa peneliti menyimpulkan bahwa mengganti tepung ikan dengan maggot dapat mengubah karakteristik fisik pakan di area tertentu seperti penurunan stabilitas air, penurunan kapasitas menahan air, dan kesadahan pelet yang lebih rendah, karena kandungan lemak maggot yang lebih tinggi (Ghimire, 2021; Groenewald, 2018; Irungu *et al.*, 2018; Weththasinghe *et al.*, 2021). Kandungan lemak yang lebih tinggi dalam tumbukan pakan, diikuti oleh penurunan energi mekanik spesifik (SME) dan ekspansi pelet, kemungkinan besar bertanggung jawab atas stabilitas air pelet yang lebih rendah. Penurunan stabilitas pellet juga ditunjukkan dalam penelitian sebelumnya oleh Hansen *et al.*, (2011). Pada spesies ikan tertentu, perubahan tersebut akan mengganggu pertumbuhan dan konsumsi (Dumas *et al.*, 2018)

E. Fermentasi

Fermentasi adalah proses penguraian senyawa organik menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan melibatkan mikroorganisme (Pamungkas, 2011). Proses fermentasi dapat meningkatkan kualitas gizi sumber protein hewani dan nabati. Sumber protein dapat diolah dengan mikroorganisme yang tepat untuk menjaga nutrisinya dan dimasukkan ke dalam pakan sehingga dapat mengurangi biaya pakan dan pencemaran lingkungan (Dawood dan Koshio, 2019). Fermentasi membantu meningkatkan ketersediaan vitamin dan kelarutan protein dan asam amino serta meningkatkan kelezatan bahan pakan (Miranda *et al.*, 2015; Zhang *et al.*, 2017). Fermentasi dapat meningkatkan pencernaan bahan organik, nitrogen, asam amino,

serat dan kalsium (Sun *et al.*, 2015; Hassaan *et al.*, 2018). Berbagai jenis mikroorganisme, termasuk sel bakteri (*Bacillus Sp.*; *Enterococcus sp.* dan *Lactobacillus sp.*), ragi (*Saccharomyces*) dan sel jamur (*Aspergillus sp.*) telah digunakan selama fermentasi (Mukherjee *et al.*, 2016). Aktivitas mikroba pada fermentasi akan menyebabkan perubahan kadar pH dan terbentuk senyawa penghambat seperti alcohol dan bakteriosin yang dapat menghambat pertumbuhan mikroba pembusuk (Waites *et al.*, 2001).

Pamungkas (2011) menyatakan bahwa hasil fermentasi sangat bergantung pada bahan pakan sebagai bahan dasar (substrat), macam mikroba atau inokulum dan kondisi lingkungan yang sangat mempengaruhi pertumbuhan dan metabolisme mikroba tersebut. Fermentasi bahan baku pakan dapat menurunkan kadar serat kasar, meningkatkan nilai protein kasar dan menghilangkan zat anti nutrisi bahan baku pakan lokal. Teknologi fermentasi merupakan salah satu alternatif solusi dalam pemanfaatan bahan baku pakan lokal secara optimal.

Penurunan kandungan kitin pada bahan organik dapat dilakukan dengan cara fermentasi menggunakan mikroorganisme spesifik yang mampu mendegradasi kitin (Beier and Bertilsson 2013; Brzezinska *et al.*, 2014). Enzim kitinase merupakan enzim yang mampu merombak polimer kitin menjadi unit monomer N-asetil D-glukosamin (Ulhoa dan Peberdy 1991; Isahak *et al.*, 2014). Mikroorganisme pendegradasi kitin umumnya berasal dari kelompok bakteri. Kelompok mikroorganisme yang dilaporkan memiliki aktivitas kitinolitik adalah *Aeromonas sp*, *Pseudomonas sp*, *Bacillus sp*, *Serratia sp*, dan *Vibrio sp*. Mikroorganisme kitinolitik mampu memproduksi dan menggunakan kitinase untuk mengasimilasi kitin menjadi sumber karbon dan nitrogen (Pratiwi *et al.*, 2015).

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan kitin yaitu dengan fermentasi secara kimiawi dan biologis. Dari hasil penelitian Nafisah *et al.* (2019) penurunan kitin pada maggot dilakukan secara fermentasi biologi menggunakan bakteri kitinolitik dengan menambahkan inokulum *Bacillus subtilis* sebanyak $3,8 \times 10^7$ cfu/mL (6% substrat bahan kering) diinkubasi selama 3 hari pada suhu 40°C sehingga dapat menurunkan kitin hingga 7,09%. Hal ini didukung oleh Yan *et al.* (2011) telah melaporkan bahwa enzim *Bacillus subtilis* SL-13 kitinase memiliki aktivitas optimum pada 50 °C. Fermentasi secara kimiawi pada maggot dilakukan oleh Harefa *et al.* (2018) zat kitin pada tepung maggot sebelum fermentasi adalah 14,39% dan setelah fermentasi menjadi 7,22%. Senada dengan penelitian Nasution *et al.* (2020) menunjukkan bahwa penambahan 50% asam propionat + 50% asam format menghasilkan penurunan kandungan kitin tertinggi yaitu 11,00%, pH 4,7, total asam

yang dititrasi 0,014% serta memiliki aroma dan tekstur yang baik. Penelitian Wulandari *et al.* (2021) hasil uji kandungan protein dan kitin diperoleh protein maggot meningkat dari 49,89% menjadi 53,25% sesudah disilase dan kitin menurun dari 15,25% menjadi 9,51% sesudah disilase. Dapat disimpulkan penggunaan asam organik sebagai fermentor dapat menurunkan kandungan kitin. Hal ini disebabkan terjadinya suasana asam selama fermentasi yang dapat mendegradasi kitin sehingga terjadi penguraian kitin sehingga meningkatkan pencernaan.

Fermentasi menggunakan metode kimia dan enzim proteolitik komersial dalam pengolahan bahan baku maggot seringkali mahal dan mencemari lingkungan. Alternatif yang tersedia dan hemat biaya untuk enzim proteolitik mentah yang berasal dari tanaman yakni nanas mengandung bromelain yang dapat digunakan untuk pra-perlakuan kitin. Bromelain memecah ikatan sistein-peptida dalam protein. Hal ini senada dengan hasil penelitian Sukanya *et al.* (2022) bahwa ekstraksi kitin dari limbah cangkang udang dengan enzim bromelain dari nanas dapat dilakukan secara efektif dan murah. Penelitian oleh Psarianos *et al.* (2022) dengan fermentasi bakteri *L. lactis* dengan deproteinisasi bromelain untuk memisahkan kitin dari jangkrik rumah (*Acheta domesticus*). Proses fermentasi dikombinasikan dengan mikroorganisme mix sebagai fermentor. Menurut Aslamyah *et al.* (2018), mikroorganisme mix merupakan probiotik yang berupa campuran mikroba yang terdiri dari bakteri, jamur, khamir dan kapang yang berguna untuk peningkatan kualitas pakan dengan menghasilkan enzim yang berdampak pada pencernaan bahan pakan seperti enzim protease, amilase dan lipase. Menurut Felix dan Alan (2008) fermentasi dapat mengurangi eksoskeleton kitin pada limbah kepala udang dan meningkatkan nilai gizinya. Selain itu, fermentasi membantu produsen pakan untuk menggantikan tepung ikan sampai batas tertentu dan mengurangi biaya pakan, sehingga meningkatkan profitabilitas sistem akuakultur.

Menurut Campenhout (2021), dalam mengoptimalkan proses fermentasi membutuhkan penyesuaian yang baik seperti suhu, waktu fermentasi, penggunaan aditif (jenis dan takaran dosis), pra perlakuan (blansing dan penghalusan) dan pemilihan kultur stater jika diterapkan hal ini akan berdampak pada kemampuan fermentasi. Selanjutnya ciri fermentasi berhasil adalah terciptanya kondisi anaerobik yang cepat, penurunan pH biasanya antara 4 dan 5 yang akan mencegah pertumbuhan mikroorganisme patogen dan awet disimpan, bau yang khas, memiliki kualitas nutrisi dan mikrobiologis yang baik. Muck (2010) menambahkan bahwa kondisi asam dapat menghambat jamur, kapang dan mikroba patogen sehingga meningkatkan kualitas pakan selama penyimpanan.

F. Laju Pengosongan Lambung

Laju pengosongan lambung menggambarkan tingkat pemrosesan dan pergerakan makanan yang dicerna melalui lambung atau usus. Tingkat transit dan evakuasi lambung digunakan untuk menilai konsumsi makanan dan menghitung tingkat konversi pakan (Loya-Javellana *et al.*, 1995 *dalam* McGaw dan Curtis, 2013). Menurut Mitra dan Flynn (2007) bahwa hewan dapat mengubah kecepatan transit seperti memperlambat perjalanan makanan untuk mengekstrak nutrisi atau mempercepat kecepatan transit jika pakan miskin nutrisi. Laju pengosongan lambung berkaitan erat dengan laju metabolisme. Beberapa faktor yang berpengaruh pada laju pengosongan lambung yakni suhu, salinitas dan kandungan pakan yang diberikan. Suhu mengatur reaksi metabolisme yakni semakin tinggi suhu maka tingkat laju pengosongan lambung terjadi lebih cepat. Hal ini disebabkan aktivitas enzim pencernaan bergantung pada suhu. Pada salinitas rendah dapat memperlambat tingkat pencernaan udang (McGaw dan Curtis, 2013). Lebih lanjut Fujaya (2015), perbedaan komponen penyusun pakan, jumlah dan struktur pakan akan mempengaruhi perbedaan laju pengosongan lambung.

G. Indeks Hepatosomatik

Hepatopankreas dikenal sebagai kelenjar pencernaan yang menempati sebagian besar wilayah punggung cephalothorax dan dapat meluas ke belakang ke perut (Gibson dan Barker, 1979). Hepatopankreas pada udang merupakan organ vital yang terlibat pada beragam aktivitas metabolisme seperti sintesis dan sekresi enzim pencernaan, penyerapan nutrisi, sintesis protein plasma, metabolisme ekskresi, molting, lemak dan karbohidrat (Yepiz-Plascencia *et al.*, 2000) dan penyimpanan cadangan energi (Gibson dan Barker, 1979). Pada hepatopankreas pencernaan enzimatik berlanjut dan penyerapan makanan terjadi (Hopkin dan Nott, 1980). Dalam krustasea, berat relatif hepatopankreas, yang memainkan peran kunci dalam asimilasi makanan (Dhall dan Moriaty, 1984) dan mungkin memanifestasikan penyediaan pemanfaatan energi untuk pertumbuhan dan metabolisme. Sagi dan Ra'anan (1988) menemukan bahwa ukuran relatif hepatopankreas sangat berkorelasi dengan tahap perkembangan morfotipik dan pengeluaran energi relatifnya dalam pertumbuhan dan aktivitas seksual.

Selain itu, kandungan lemak pada pakan dapat mempengaruhi deposisi lemak di hepatopankreas hewan air (Christelle, 2001). Hasil penelitian Yuhang he *et al.* (2022) maggot segar memiliki kandungan lemak yang lebih tinggi dari pakan komersial, yang menyebabkan kandungan lemak secara signifikan lebih tinggi di hepatopankreas udang dari kelompok BSFL 75% dan BSFL 100% dibandingkan

dengan kelompok pakan komersial. Peningkatan asupan lemak dapat menjelaskan peningkatan indeks hepatosomatik pada udang karena tingkat penggantian maggot meningkat. Menurut *Ambas et al.* (2015), hepatopankreas sebagai tempat cadangan energi utama di krustase dan sumber berbagai enzim, telah digunakan sebagai indikator kondisi udang. Hepatopankreas yang lebih berat bisa mengindikasikan tingginya tingkat aktivitas enzim pencernaan.

H. Pertumbuhan

Pertumbuhan adalah penambahan ukuran, panjang atau berat dalam suatu waktu. Pertumbuhan terjadi karena adanya penambahan jaringan dari pembelahan sel secara mitosis yang terjadi karena adanya kelebihan input energi dan protein yang berasal dari pakan. Kelebihan input energi tersebut digunakan oleh tubuh untuk metabolisme, gerak, reproduksi, dan menggantikan sel yang rusak (Effendi, 1997). Pertumbuhan larva dan pasca larva udang merupakan perpaduan antara proses perubahan struktur melalui metamorfosis dan ganti kulit (moulting) serta peningkatan massa tubuh udang. Menurut Sunarto dan Sabariah (2009), laju pertumbuhan tergantung pada jumlah pakan yang dikonsumsi, kualitas air dan faktor lain seperti keturunan, umur, daya tahan dan kemampuan ikan tersebut menggunakan pakan. Jumlah nutrisi yang dikonsumsi harus lebih besar dari jumlah yang dibutuhkan untuk menjaga tubuh dan fungsinya agar ikan dapat terus tumbuh.

Halver (1989) juga menjelaskan bahwa pertumbuhan atau pembentukan jaringan tubuh sangat dipengaruhi oleh keseimbangan protein dan energi dari makanan. Pakan dengan kandungan protein tinggi belum tentu dapat mendorong pertumbuhan jika total energi pakan rendah, karena sebagian protein digunakan sebagai sumber energi. Jumlah pakan yang diberikan sangat penting, karena jika terlalu sedikit akan memperlambat pertumbuhan udang dan terjadi persaingan makanan yang mengakibatkan fluktuasi ukuran, begitu pula sebaliknya jika terlalu banyak berdampak pada pencemaran dan inefisiensi lingkungan (Sunarto dan Sabariah, 2009).

I. Kualitas Air

Kualitas air merupakan faktor penting dalam pemeliharaan larva agar udang yang dipelihara dapat hidup dan tumbuh dengan baik, maka selain harus tersedia pakan bergizi dalam jumlah cukup, kondisi lingkungan harus berada pada kisaran optimum. Parameter kualitas air adalah beberapa ukuran yang digunakan untuk mengetahui kualitas air, dilihat dari segi fisika, kimia dan biologi air. Beberapa parameter kualitas air tersebut meliputi suhu, salinitas, DO, pH, dan amoniak.

Menurut Pan *et al.* (2007a) suhu sangat berpengaruh terhadap konsumsi oksigen, pertumbuhan, sintasan udang dalam lingkungan budidaya perairan. Karena tinggi rendahnya suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme. Supono (2018) mengemukakan suhu optimum untuk pertumbuhan udang vannamei yakni 26-33°C. Salinitas yaitu kandungan konsentrasi total ion yang terdapat pada perairan baik organik maupun anorganik. Salinitas sangat berpengaruh terhadap proses osmoregulasi yakni upaya organisme perairan untuk mengontrol keseimbangan air dan ion antara tubuh dengan lingkungannya. Jika kondisi salinitas mengalami fluktuasi, maka semakin banyak pula energi yang dibutuhkan larva untuk proses metabolismenya (Fujaya, 2004). Berdasarkan hasil penelitian Diaz *et al.*, (2001), stress terendah udang vannamei pada suhu antara 27-30°C dan salinitas mendekati titik isosmotik antara 25-27‰.

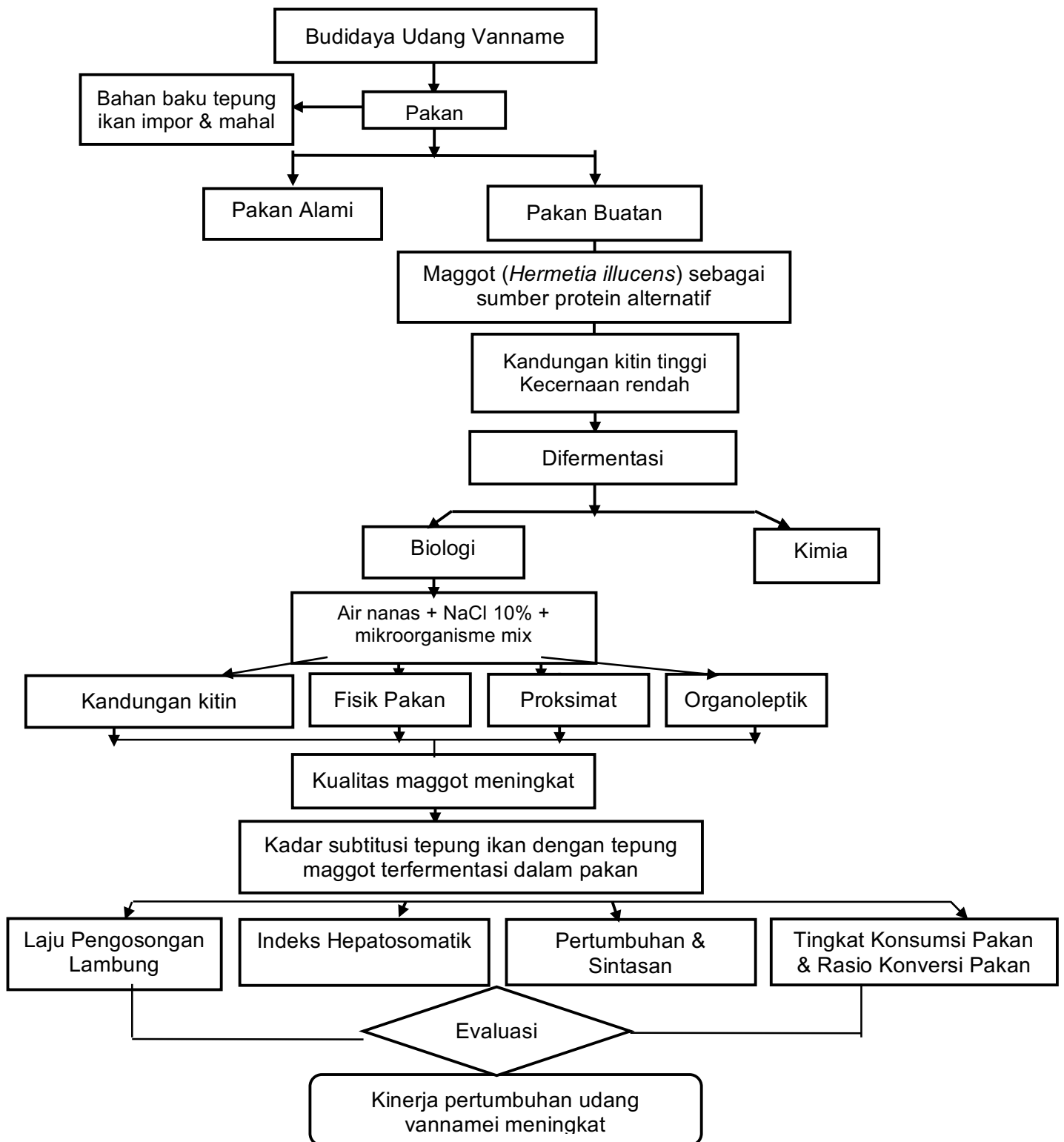
Derajat keasaman (pH) adalah parameter untuk menyatakan tingkat keasaman atau kebasahan air. Kisaran pH untuk pemeliharaan larva udang vannamei yakni 7,7–8,7 (Purba, 2012). Perubahan pH yang terlalu ekstrim dapat menyebabkan stress, menurunkan kemampuan antioksidan dan parameter imun, merusak jaringan usus dan mengubah mikrobiota usus (Han *et al.*, 2018). Hasil penelitian Pan *et al.* (2007b), selama pemeliharaan udang vannamei, perubahan salinitas tidak boleh lebih dari 3 dan variasi pH tidak lebih dari 0,5. Selanjutnya hasil penelitian Yu *et al.* (2020) pH rendah dan tinggi pH berkisar 6,5 dan 9,5 dapat mempengaruhi komposisi dan fungsi mikrobiota usus dalam penyerapan nutrisi dan pencernaan sehingga berdampak pada pertumbuhan dan ketahanan terhadap stress.

Oksigen terlarut atau *Dissolved Oxygen* (DO) yaitu jumlah oksigen yang terikat dengan partikel air. Tinggi rendahnya konsentrasi DO dipengaruhi oleh suhu dimana jika suhu meningkat maka konsentrasi oksigen menurun dan sebaliknya jika suhu rendah maka konsentrasi oksigen terlarut meningkat. Ketersediaan oksigen terlarut di badan air merupakan faktor pendukung bagi pertumbuhan, perkembangan, dan kehidupan udang (Bryand *et al.*, 2006). Menurut Thasanee *et al.* (2011), laju pertumbuhan udang meningkat dengan konsentrasi oksigen terlarut diatas 4 ppm dan akan menurun pertumbuhan ketika DO berkisar 2-4 ppm atau dibawah 2 ppm.

Menurut Effendi (2000), feses dan hasil ekskresi biota akuatik merupakan limbah dari aktivitas metabolisme yang menghasilkan ammonia. Syamsuddin (2014) menyatakan bahwa pakan udang mengandung protein yang cukup tinggi dan ketika pemberian pakan yang tidak efisien dapat meningkatkan ammonia di dalam perairan. Katabolisme protein pada krustasea menghasilkan tiga produk utama yaitu 85% ammonia, 15% urea, karbondioksida dan asam urat. Proporsi NH₃ meningkat, seiring dengan meningkatnya pH, suhu dan menurunnya salinitas. Pada suhu dan pH

tinggi, sejumlah ion ammonium dikonversi menjadi amoniak dalam konsentrasi yang mematikan. Menurut Boyd (1990 dalam Romadhona *et al.*, 2015) kandungan amoniak 0,45 mg/l dapat menghambat laju pertumbuhan udang sampai dengan 50%, sedangkan pada tingkat amoniak 1,29 mg/l dapat membunuh beberapa udang jenis *penaeus*, kandungan amoniak 0,05-0,2 mg/l mempengaruhi terjadinya gangguan pertumbuhan secara umumnya organisme akuatik.

J. Kerangka Pikir Penelitian



Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian

K. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kerangka pikir penelitian yang dilakukan, maka hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pakan buatan udang vannamei yang disubstitusi dengan maggot terfermentasi akan meningkatkan kualitas berdasarkan uji kandungan kitin, organoleptik, fisik dan kimia.
2. Pakan buatan udang vannamei yang disubstitusi dengan maggot terfermentasi akan meningkatkan performa pertumbuhan.