

**PENGARUH SILASE DAUN MENGGUDU (*Morinda citrifolia*) DALAM FORMULA PAKAN
TERHADAP AKTIVITAS ENZIM PROTEASE IKAN SIDAT (*Anguilla bicolor*)**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

Oleh :
FAJAR SURYA PRATAMA
NIM. 0810850009



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2012**

**PENGARUH SILASE DAUN MENKUDU (*Morinda citrifolia*) DALAM FORMULA PAKAN
TERHADAP AKTIVITAS ENZIM PROTEASE IKAN SIDAT (*Anguilla bicolor*)**

**SKRIPSI
PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana Perikanan di
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya**

Oleh :
**FAJAR SURYA PRATAMA
NIM. 0810850009**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2012**

SKRIPSI

PENGARUH SILASE DAUN MENGGUDU (*Morinda citrifolia*) DALAM
FORMULA PAKAN TERHADAP AKTIVITAS ENZIM PROTEASE IKAN
SIDAT (*Anguilla bicolor*)

Oleh :
FAJAR SURYA PRATAMA
NIM. 0810850009

Telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 15 Agustus 2012
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

Dosen Pembimbing I

(Ir. ELLANA SANOESI, MS)
NIP. 19630924 199803 2 002

(Dr.Ir. ARNING W. EKAWATI, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001

Tanggal:

Tanggal:

Dosen Penguji II

Dosen Pembimbing II

(Ir. M. RASYID FADHOLI, MS)
NIP. 19520713 198003 1 001

(Dr.Ir. ANIK M. HARIATI, MSc)
NIP. 19610310 198701 2 001

Tanggal:

Tanggal:

Mengetahui,
Ketua Jurusan

(Dr.Ir. HAPPY NURSYAM, MS)
NIP. 19600322 198601 1 001

Tanggal:

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 15 Agustus 2012

Mahasiswa

Fajar Surya Pratama

NIM. 0810850009



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ibu Dr.Ir Arning Wilujeng Ekawati ,MS selaku dosen pembimbing I dan Ibu Dr. Ir. Anik Martinah Hariati, MSc selaku dosen pembimbing II atas bimbingan, arahan dan nasehat yang telah diberikan selama ini, sehingga laporan ini cepat terselesaikan.
2. Ibu Ir. Ellana Sanoesi, MS selaku penguji I dan Bapak Ir. M. Rasyid Fadholi, MS selaku dosen penguji II, yang telah memberikan saran dan kritik yang membangun sehingga laporan ini semakin sempurna.
3. Ibu Mivida Febriani dan ibu Dewi Cholifah atas nasehat, arahan dan bimbingannya serta pengorbanan waktu, pemikiran, tenaga dan biaya yang telah diberikan selama penelitian ini. Semoga kerjasama ini selalu terjaga.
4. Sujud dan terima kasih yang dalam penulis persembahkan kepada Kedua orang tuaku Bapak Suryo Pranoto, SP dan Ibu Harum Iswanti, S.Pd serta adekku tersayang Farid Surya Farista, yang selalu memberikan semangat, kasih sayang, dukungan yang tak terhingga baik materil maupun non materil, nasehat dan doa sehingga laporan ini dapat terselesaikan.
5. Teman-teman *Anguillas* team (Zeni, Dwi, Dini, mas Fuad, mas Arif) atas kerjasama dan semangatnya serta ikut berperan dalam memperlancar penelitian dan penulisan ini.
6. Teman-teman all “BAJAK TAMBAK” BP’08 yang memberikan semangat dan dukungannya mulai dari MABA hingga terselesaikannya laporan skripsi ini.
7. Teman-teman Kosan all “PONDOK SAHABAT” yang sudah selama 4 tahun memberikan warna baru pada hidup selama menuntut ilmu di Kota Malang.

8. Untuk seseorang “Sukma Kumala Dewi” terima kasih atas saran, bantuan, semangat dan motivasinya.
9. Ucapan terima kasih kepada semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu serta telah membantu penulis dalam pengerjaan dan penyelesaian laporan skripsi ini.

Malang, 15 Agustus 2012

Penulis

Fajar Surya Pratama, S.Pi

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



RINGKASAN

FAJAR SURYA PRATAMA. Pengaruh Silase Daun Mengkudu (*Morinda citrifolia*) dalam Formula Pakan terhadap Aktivitas Enzim Protease Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*) (Di bawah bimbingan **Dr.Ir. Arning W. Ekawati,MS** dan **Dr.Ir. Anik M. Hariati,MSc**).

Ikan sidat (*Anguilla sp*) merupakan komoditas ikan yang memiliki nilai ekonomis cukup tinggi sehingga merupakan komoditas unggul untuk pemenuhan kebutuhan kesehatan. Selama ini, ikan jenis ini belum banyak dibudidayakan, dan masih mengharapkan tangkapan dari alam, yang lambat laun akan habis karena *over fishing*. Penyediaan pakan dengan kandungan nutrisi cukup untuk memaksimalkan keuntungan dari hasil budidaya perlu dilakukan. Dalam kegiatan budidaya perlu dicari bahan pakan alternatif yang berasal dari lokal, mempunyai nilai nutrisi yang baik, mengandung bahan aktif yang bermanfaat untuk pertumbuhan, murah, dan mudah didapat, serta tidak bersaing dengan bahan pangan manusia.

Salah satu bahan alami yang dapat dimanfaatkan adalah tanaman mengkudu (*Morinda citrifolia*). Hal ini disebabkan daun mengkudu mengandung nutrisi lengkap. Mengkudu mengandung alkaloid penting yaitu proxeronin (jenis asam koloid yang tidak mengandung gula, asam amino). Xeronin ini membantu memperluas lubang usus kecil sehingga memudahkan proses penyerapan makanan. Dengan adanya kandungan xeronin pada mengkudu ini diharapkan akan mempercepat penyerapan pada usus sehingga dapat pula berpengaruh pada pertumbuhan. Untuk itu diperlukan adanya informasi yang jelas mengenai aktivitas enzim protease pada ikan dalam kaitannya dengan seberapa cepat penyerapan makanan dalam usus dan dosis yang sesuai bagi pertumbuhan.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2011 – Maret 2012 dan bertempat di Laboratorium Reproduksi, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan, Laboratorium Workshop Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan, Laboratorium Biokimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya, Malang. Tujuan penelitian ini adalah Untuk mendapatkan dosis terbaik pemanfaatan silase daun mengkudu dengan cara substitusi protein tepung silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat.

Metode penelitian yang digunakan adalah menggunakan metode eksperimen dengan rancangan penelitian Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan uji lanjut BNT yang disusun dengan 4 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan berupa substitusi protein tepung silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan yang berbeda yaitu A sebagai kontrol, B (10 %), C (20 %) dan D (30%). Penelitian ini dilakukan selama 45 hari. Parameter uji penelitian ini parameter utama yaitu Aktivitas Enzim Protease, sedangkan parameter penunjang berupa Kelulushidupan (SR), Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) data

kualitas air yaitu derajat keasaman (pH), suhu dan kandungan oksigen serta Total amonia nitrogen (TAN).

Perlakuan substitusi protein tepung silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan memberi pengaruh yang sangat nyata terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat (*Anguilla bicolor*). Dari hasil perlakuan tersebut, didapatkan nilai perlakuan maksimum pada dosis silase daun mengkudu (SDM) 15,85 % dengan aktivitas enzim protease sebesar 10,76 Unit. Dari hasil penelitian ini dapat disarankan bahwa untuk mendapatkan aktivitas enzim protease ikan sidat (*Anguilla bicolor*) yang terbaik dengan pemanfaatan substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.) terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan, sebaiknya menggunakan dosis protein silase daun mengkudu (SDM) sebesar 15,85 %.



KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas berkah, karunia serta ridlo-Nya laporan Skripsi ini dapat terselesaikan.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menempuh program strata 1 program studi Budidaya Perairan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Isi laporan ini merupakan hasil penelitian penulis yang dilaksanakan di Laboratorium Workshop Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan yang dilakukan selama lebih kurang 3 bulan.

Atas selesainya laporan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr.Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS dan Ir. Anik Martinah Hariati, MSc selaku dosen pembimbing 1 dan pembimbing 2 yang senantiasa membimbing dari proses pembuatan proposal sampai selesainya laporan ini.

Penulis menyadari laporan ini masih memungkinkan untuk dilakukan penyempurnaan. Untuk itu penulis menerima saran yang bersifat membangun demi sempurnanya laporan ini.

Semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan pengetahuan tentang pakan buatan bagi ikan sidat khususnya yang bersumber dari bahan alami dan bisa menjadi salah satu upaya meningkatkan mutu sumber pangan masyarakat Indonesia khususnya di sektor sumber daya ikan.

Malang, 15 Agustus 2012

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
RINGKASAN	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Hipotesis	4
1.6 Tempat dan Waktu	4
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Biologi Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	5
2.1.2 Habitat dan Siklus Hidup Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>).....	6
2.1.3 Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>).....	7
2.1.4 Kelulushidupan Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	9
2.1.5 Pertumbuhan Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	9
2.2 Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>)	11
2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>)	11
2.2.2 Habitat dan Perkembangbiakan Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>)	12
2.2.3 Komposisi Kimia Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>).....	13
2.2.4 Pembuatan Silase daun Mengkudu	14
2.3 Enzim.....	18
2.3.1 Enzim enzim protease	19
2.3.2 Aktivitas enzim protease.....	21
2.3.3 Pengukuran aktivitas enzim protease	24
2.4 Kualitas Air	24
2.4.1 Suhu.....	25
2.4.2 pH.....	25
2.4.3 Oksigen Terlarut (DO)	26
2.4.4 Total amonia nitrogen (TAN).....	27

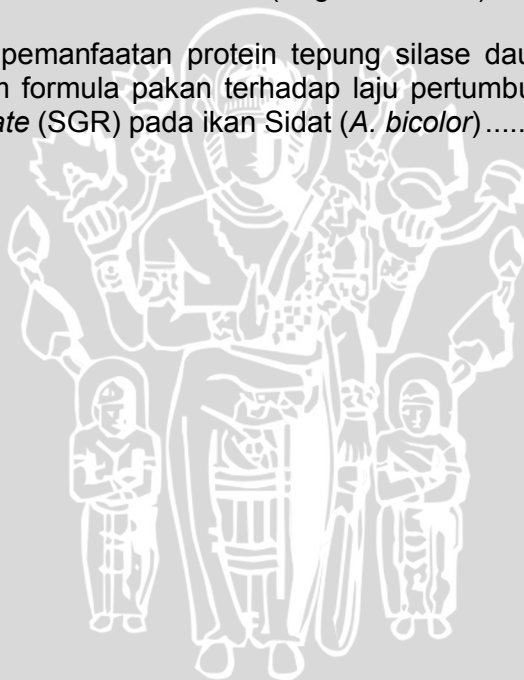
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	28
3.1 Materi Penelitian.....	28
3.1.1 Peralatan Penelitian.....	28
3.1.2 Bahan Penelitian	28
a. Hewan Uji	28
b. Media Penelitian	28
c. Bahan Penelitian	29
d. Formula Pakan.....	29
3.2 Metode dan Rancangan Penelitian.....	30
3.2.1 Metode Penelitian.....	30
3.2.2 Rancangan Penelitian.....	31
3.3 Prosedur Penelitian	32
3.3.1 Persiapan Penelitian.....	32
3.3.2 Pelaksanaan Penelitian	33
a. Persiapan ikan sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	33
b. Pengambilan enzim protease.....	34
c. Pembuatan kurva standar Tirosin	35
d. Uji aktivitas protease	35
3.4 Parameter Uji	36
3.4.1 Parameter Utama	36
3.4.2 Parameter Penunjang.....	36
3.5 Analisis Data	37
4. HASIL DAN PEMBAHASAN	38
4.1 Aktivitas enzim protease.....	38
4.2 Kelulushidupan/ <i>Survival rate</i> (SR).....	43
4.3 Laju Pertumbuhan spesifik / <i>Survival Growth Rate</i> (SGR).....	46
4.4 Kualitas Air.....	50
4.4.1 Suhu.....	51
4.4.2 pH.....	52
4.4.3 DO.....	53
4.4.4 TAN (Total ammonia nitrogen).....	53
5. KESIMPULAN DAN SARAN	55
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	62

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi kimia pakan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) dari Segara Anakan yang biasa digunakan sebagai umpan.....	8
2. Komposisi kimia bahan penyusun pakan	30
3. Formula pakan percobaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	30
4. Perbandingan protein tepung SDM dan protein tepung ikan	32
5. Data nilai parameter masing-masing perlakuan selama penelitian.....	38
6. Data aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian	39
7. Sidik ragam aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian	39
8. Uji tukey aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	40
9. Data hasil kelulushidupan/ <i>Survival Rate</i> (SR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	43
10. Sidik ragam kelulushidupan/ <i>Survival Rate</i> (SR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	44
11. Data hasil laju pertumbuhan spesifik/ <i>Specific Growth Rate</i> (SGR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)	46
12. Sidik ragam laju pertumbuhan spesifik/ <i>Specific Growth Rate</i> (SGR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)	47
13. Uji tukey laju pertumbuhan spesifik/ <i>Specific Growth Rate</i> (SGR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)	47
14. Kisaran hasil pengukuran parameter kualitas air media penelitian ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian.....	51

DAFTAR GAMBAR

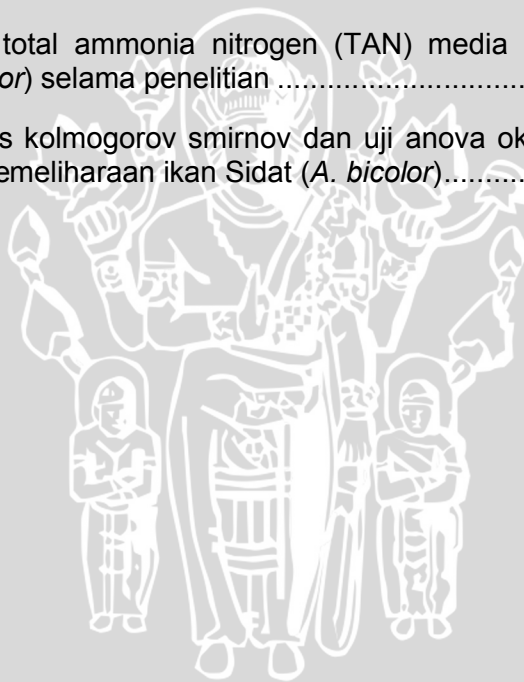
Gambar	Halaman
1. Ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	5
2. Siklus hidup ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	7
3. Daun Mengkudu (<i>Morinda citrifolia</i>).....	11
4. Denah Penelitian.....	32
5. Hubungan antara pemanfaatan protein tepung silase daun mengkudu (<i>M. citrifolia</i>) dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)	40
6. Pertambahan berat rata-rata ikan Sidat (<i>Anguilla bicolor</i>)	46
7. Hubungan antara pemanfaatan protein tepung silase daun mengkudu (<i>M. citrifolia</i>) dalam formula pakan terhadap laju pertumbuhan spesifik/ <i>Specific Growth Rate</i> (SGR) pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)	48



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Komposisi kimia pakan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) dari Segara Anakan yang biasa digunakan sebagai umpan.....	62
2. Gambar alat dan bahan penelitian	63
3. Bagan pembuatan silase daun Mengkudu (<i>M.citrifolia</i>)	68
4. Bagan pembuatan ransum pakan pada ikan Sidat (<i>A.bicolor</i>).....	69
5. Komposisi bahan pakan percobaan.....	70
6. Penentuan Panjang Gelombang maksimum Tirosin.....	71
7. Sidik ragam aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian	72
8. Hasil uji normalitas kolmogrov smirnov ($p>0,05$) aktivitas enzim protease ikan Sidat (<i>A.bicolor</i>).....	73
9. Perhitungan statistik aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)(%)	74
10. Jumlah ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) pada awal dan akhir penelitian serta nilai kelulushidupan/ <i>Survival Rate</i> (SR) (%)	77
11. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova kelulushidupan/ <i>Survival Rate</i> (SR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	78
12. Perhitungan statistik kelulushidupan/ <i>Survival Rate</i> (SR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	79
13. Data hasil pertumbuhan bobot total dan bobot rata-rata ikan Sidat (<i>A.bicolor</i>) (gram) selama penelitian.....	80
14. Data hasil perhitungan laju pertumbuhan spesifik/ <i>Spesific Growth Rate</i> (SGR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) (%BB/hari).....	81
15. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov ($p>0,05$) laju pertumbuhan spesifik/ <i>Spesific Growth Rate</i> (SGR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>)	82
16. Perhitungan statistik laju pertumbuhan spesifik/ <i>Spesific Growth Rate</i> (SGR) ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) (%BB/hari).....	83
17. Data pengukuran suhu media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian.....	86
18. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova suhu pagi media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	89

19. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova suhu malam media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	91
20. Data pengukuran pH media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian	93
21. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova pH pagi media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	96
22. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova pH malam media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	98
23. Data pengukuran oksigen terlarut (DO) media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian	100
24. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova oksigen terlarut (DO) pagi media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	103
25. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova oksigen terlarut (DO) malam media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	105
26. Data pengukuran total ammonia nitrogen (TAN) media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>) selama penelitian	107
27. Hasil uji normalitas kolmogorov smirnov dan uji anova oksigen terlarut (DO) pagi media pemeliharaan ikan Sidat (<i>A. bicolor</i>).....	108



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu jenis ikan yang mempunyai nilai ekonomis tinggi dan memiliki prospek untuk dikembangkan adalah ikan sidat (*Anguilla bicolor*). Ikan sidat (*Anguilla bicolor*) merupakan ikan komersial penting di berbagai negara karena mempunyai nilai gizi cukup tinggi. Menurut Affandi (2008), ikan sidat (*Anguilla sp*) sangat laku di pasar Jepang, Hongkong, Belanda, Jerman, Italia, dan beberapa negara lain sehingga memiliki potensi tinggi sebagai komoditas ekspor.

Salah satu kendala dalam usaha budidaya ikan sidat adalah masalah pakan. Penyediaan pakan dengan kandungan nutrisi yang cukup untuk memaksimalkan keuntungan dari hasil budidaya perlu dilakukan. Ikan sidat merupakan ikan karnivora yang apabila diberi pakan buatan maka kadar protein pakannya harus tinggi ($\pm 45\%$) sehingga harga pakannya mahal. Dari total biaya produksi ikan sidat, 50-60% berasal dari komponen pakan, sehingga apabila pakan ikan sidat murah maka biaya produksi akan menjadi rendah.

Oleh karena itu, dalam kegiatan budidaya perlu dicari bahan pakan alternative yang berasal dari lokal, mempunyai nilai nutrisi yang baik, mengandung bahan aktif yang bermanfaat untuk pertumbuhan, murah, dan mudah didapat, serta tidak bersaing dengan bahan pangan manusia. Salah satu bahan alami yang dapat dimanfaatkan adalah daun mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn).

Tanaman mengkudu merupakan salah satu tanaman tropika yang cukup banyak ditemukan di berbagai tempat. Secara keseluruhan daun mengkudu mengandung zat nutrisi yang dibutuhkan oleh tubuh seperti protein, vitamin dan mineral. Daun mengkudu mengandung protein khususnya asam amino esensial

dan non esensial, vitamin (provitamin A; vitamin A, C, B₅, B₁, B₂) dan mineral (Ca, P, Se, Fe). Selain itu juga dikandung senyawa-senyawa seperti, morindon, rubiadin, dan flavonoid. Salah satu alkaloid penting yang terdapat dalam daun Mengkudu adalah *Xeronin*. *Xeronin* ini membantu memperluas lubang usus kecil sehingga memudahkan proses penyerapan makanan, memperbaiki tugas kelenjar tiroid dan timus yang penting untuk kekebalan tubuh dan perlawanan menghadapi infeksi dari luar, mengaktifkan enzim-enzim dan mengatur fungsi protein di dalam sel (Bestari *et al.*, 2005).

Penggunaan daun mengkudu yang difermentasi dengan EM₄ memberikan hasil yang lebih baik terhadap pertambahan bobot badan dan konversi pakan ayam broiler dibandingkan dengan daun mengkudu yang hanya dikeringkan dan yang diproses ensilase (Susilo, 2005). Pembuatan silase dapat memperbaiki kualitas bahan yang dibuat silase. Dengan adanya fermentasi dapat melarutkan sebagian zat-zat makanan atau mineral-mineral yang sukar larut (Febriani, 2010).

Enzim protease merupakan senyawa protein dimana molekul ini sangat tidak stabil terutama pada perubahan suhu. Perubahan suhu akan sangat menyebabkan protease terdenaturasi (Lehninger, 2000). Aktivitas enzim dapat dipertahankan pada pH yang mendekati netral, suhu rendah atau sedang dan kadar air cukup rendah (Muchtadi *et al.*, 1992).

Kondisi optimum aktivitas enzim protease dicapai pada pH 6-8, sedangkan suhu optimum aktivitas protease adalah 40 °C (Roosdiana *et al.*, 2001). Digunakan sebagai bahan tambahan dalam pakan ternak dengan bakteri proteolitik yang bersifat probiotik pada unggas dapat meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi pakan pada sistem pencernaannya (Winarwi, 2006).

1.2 Rumusan Masalah

Dalam budidaya ikan sidat (*Anguilla bicolor*), pakan merupakan salah satu hal yang penting dan harus diperhatikan dalam meningkatkan produksi budidaya ikan sidat. Ikan sidat dapat tumbuh dan berkembang dengan baik bila pakan yang diberikan mempunyai kandungan gizi yang baik dan sesuai kebutuhan. Ikan sidat di habitat asalnya merupakan ikan karnivora yang butuh pakan berupa hewan lain, tetapi apabila ikan tersebut diberi pakan buatan maka kadar protein pakan harus tinggi (>40%). Penyediaan pakan yang memadai baik kuantitas maupun kualitas merupakan unsur utama dalam pertumbuhan ikan sidat. Saat ini penelitian pakan diarahkan kepada penciptaan pakan yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, alternative yang digunakan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan pemanfaatan daun mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.) dalam formula pakan ikan sidat, hal ini disebabkan daun mengkudu mengandung nutrisi lengkap, memiliki kandungan protein, khususnya asam amino esensial dan non esensial, vitamin (provitamin A; vitamin A, C, B5, B1, B2) dan mineral (Ca, P, Se, Fe). Mengkudu mengandung alkaloid penting yaitu *proxeronin* (jenis asam koloid yang tidak mengandung gula, asam amino. *Xeronin* ini membantu memperluas lubang dinding usus sehingga memudahkan proses penyerapan makanan, memperbaiki tugas kelenjar tiroid dan timus yang penting untuk kekebalan tubuh dan perlawanan menghadapi infeksi dari luar, mengaktifkan enzim-enzim dan mengatur fungsi protein di dalam sel (Bestari *et al.*, 2005).

Enzim berperan dalam mengubah laju reaksi, sehingga dengan demikian kecepatan reaksi yang diperlihatkan dapat dijadikan ukuran keaktifan enzim. Aktivitas enzim dapat dinyatakan antara lain dalam bentuk unit enzim. Diharapkan dengan adanya kandungan seperti *proxeronin* dari penggunaan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan dapat

berpengaruh pada meningkatkannya aktivitas enzim protease dalam hal ini berkorelasi dengan peningkatan pertumbuhan dari ikan sidat (*A. bicolor*).

1.3 Tujuan Penelitian

- Untuk mendapatkan dosis terbaik pemanfaatan silase daun mengkudu dengan cara substitusi protein tepung silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat.

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi demi kemajuan usaha budidaya ikan sidat dengan memanfaatkan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan sebagai salah satu alternatif bahan pakan untuk meningkatkan pertumbuhan ikan sidat (*A. bicolor*) dengan dosis yang terbaik.

1.5 Hipotesis

H₁ : Diduga ada pengaruh pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat (*A. bicolor*).

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan, Laboratorium Workshop Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan, Laboratorium Biokimia Fakultas MIPA Universitas Brawijaya Malang pada bulan Desember 2011 – Maret 2012.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*)

Menurut Deelder (1986) dalam Rovara *et al.* (2007), klasifikasi ikan sidat (*Anguilla bicolor*) adalah sebagai berikut :

- Filum : Vertebrata
- Sub filum : Craniata
- Superklas : Gnatostomata
- Divisi : Pisces
- Kelas : Teleostomi
- Sub kelas : Actinopterygii
- Ordo : Anguilliformes
- Sub ordo : Anguilloidei
- Famili : Anguillidae
- Genus : *Anguilla*
- Spesies : *Anguilla bicolor*

Gambar ikan Sidat (*Anguilla bicolor*) dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Ikan sidat (Anonymous, 2011^a)

Sidat memiliki tubuh unik. Tubuhnya tidak seperti kebanyakan jenis ikan air tawar atau ikan laut. Namun demikian, sidat juga memiliki kepala, perut dan ekor. Tubuhnya memanjang dengan perbandingan antara panjang dan tinggi yaitu dua puluh banding satu (20:1). Bila dipotong di bagian perut, tubuh sidat memiliki perbandingan satu banding satu antara tinggi dan lebar. Kepala sidat berbentuk segitiga, memiliki mata, hidung, mulut dan tutup insang. Mata sidat sangat kecil, bulat dan berwarna hitam (Sasongko *et al.*, 2007).

Menurut Suitha dan Akhmad (2008), tubuh sidat memanjang dan dilapisi sisik kecil berbentuk memanjang seperti pada (Gambar 1). Susunan sisiknya tegak lurus terhadap panjang tubuhnya. Sisik biasanya membentuk pola mozaik. Sirip di bagian anus menyatu dan berbentuk seperti jari-jari yang terlihat lemah. Sirip dada terdiri atas 14-18 jari-jari sirip. Punggung sidat berwarna coklat kehitaman. Perutnya berwarna kuning hingga perak. Pergerakan ikan ini terbantu lendir yang melapisi tubuhnya. Ikan ini memiliki kemampuan mengambil oksigen langsung dari udara dan mampu bernafas menggunakan seluruh bagian kulitnya.

2.1.2 Habitat dan Siklus Hidup Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*)

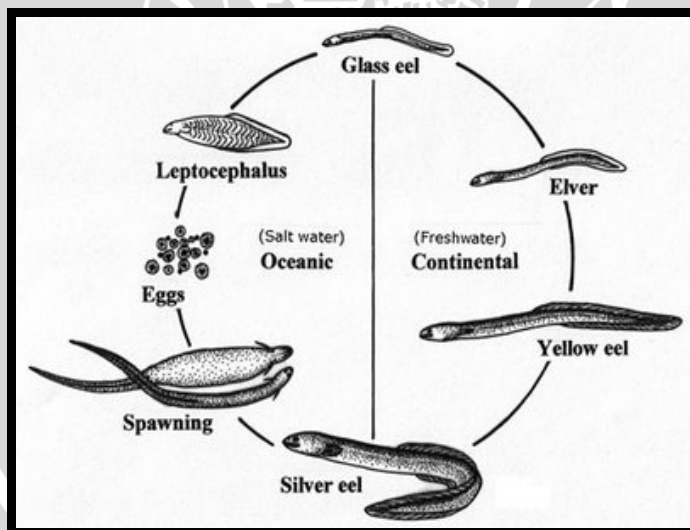
Menurut Sasongko *et al.* (2007), sidat dijuluki "*deep sea water*". Peralannya binatang ini bisa hidup di laut dalam. Sidat juga dijuluki ikan katadromus, yaitu ikan yang dewasa berada di hulu sungai atau danau, tetapi bila sudah matang gonad akan beruaya ke laut lepas dan memijah disana. Sidat berbeda dengan ikan lain, kebanyakan ikan hanya hidup di air tawar atau hidup di air laut, tetapi sidat bisa hidup di kedua tempat itu.

Sidat hidup di dua jenis perairan. Fase larva hingga menjelang dewasa hidup di sungai. Setelah dewasa menuju laut untuk pemijahan. Selanjutnya, larva hasil pemijahan terbawa arus ke pantai dan menuju perairan tawar melalui muara sungai. Sidat dapat beradaptasi pada suhu 12–31°C. Nafsu makannya

menurun pada suhu lebih rendah dari 12^oC. Salinitas (kadar garam perairan) yang bisa di toleransi antara 0–35 ppt. Salinitas dan turbiditas (kekeruhan suatu perairan) merupakan parameter yang paling berpengaruh terhadap jumlah *elver* di suatu daerah (Suitha dan Akhmad, 2008).

Ikan sidat (*Anguilla sp*) termasuk katadromus, aktif mencari makan dan tumbuh di perairan tawar dan bermigrasi (ruaya) ke laut dalam untuk melakukan pemijahan. Pemijahan ikan sidat diduga dikawasan laut sekitar kedalaman 400 m dengan suhu di atas 13 ^oC dengan salinitas 34 ppt disekitar kepulauan Bonin sampai Okinawa (Usui, 1974).

Menurut Rovara *et al.* (2007), fase perkembangan ikan sidat (*A. bicolor*) umumnya sama, baik tropik maupun yang berada pada daerah empat musim (sub tropik), yaitu fase *leptocephalus*, fase metamorphosis, fase *glass eel*, fase *yellow eel* dan fase *silver eel* (sidat dewasa matang gonad) seperti pada (Gambar 2) berikut ini.



Gambar 2. Siklus hidup ikan sidat (Jellyman, 1995)

2.1.3 Makanan dan Kebiasaan Makan Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*)

Menurut Sasongko *et al.* (2007), Sepanjang hidupnya terutama di air tawar, sidat bersifat karnivora yaitu hewan pemakan daging. Hewan ini akan

mencaplok ikan dan binatang air lainnya yang berukuran lebih kecil dari bukaan mulutnya. Meskipun saat dewasa bersifat karnivora, tetapi saat sidat kecil bersifat omnivora atau pemakan segala. Larva yang baru menetas memakan mikroplankton. Walaupun secara alami sidat lebih menyukai makanan yang hidup dan bangkai, tetapi dalam pembudidayaannya dapat diberi pakan tambahan, berupa pasta. Pasta ini dibuat dari tepung pakan khusus sidat. Ikan sidat akan mencari makan pada malam hari dan siang hari akan beristirahat serta bersembunyi di lubang-lubang tanah, akar pohon, di balik daun tumbuh-tumbuhan air dan tempat tersembunyi lainnya. Dengan bersembunyi maka sidat akan terhindar dari musuh-musuhnya.

Pakan berfungsi sebagai sumber nutrient dan energi yang digunakan untuk mempertahankan hidup, membangun tubuh dan proses perkembangbiakan. Informasi mengenai pakan ikan sidat di alam, dapat dipakai sebagai dasar penyusunan ransum pakan buatan. Sepanjang hidupnya, di perairan umum terutama di air tawar, ikan sidat (*A. bicolor*) bersifat karnivora, ikan sidat kecil bersifat omnivore dan larva yang baru menetas makan mikroplankton. Aktivitas makan ikan sidat (*A. bicolor*) umumnya pada malam hari (nocturnal) (Tesch, 1977 dalam De Nie, 1982).

Adapun komposisi kimia pakan ikan sidat (*A. bicolor*) dari Segara Anakan yang biasa digunakan sebagai umpan, dapat dilihat pada (Tabel 1) di bawah ini :

Tabel 1. Komposisi kimia pakan ikan sidat (*A. bicolor*) dari Segara Anakan yang biasa digunakan sebagai umpan

Bahan	Bahan kering (%)	Abu (%)*	Protein kasar (%)*	Serat kasar (%)*	Lemak kasar (%)*	Gross energy (Kkal/g)*
Keong mas	92,25	20,86	61,15	1,82	3,78	3174,34
Yuyu (90,50	36,19	37,04	10,58	3,10	2506,29

*) Berdasarkan 100% bahan kering . Sumber (Febriani, 2011).

2.1.4 Kelulushidupan Ikan Sidat (*Anguilla bicolor*)

Kelulushidupan adalah perbandingan antara jumlah individu yang hidup pada akhir percobaan dengan jumlah individu yang hidup pada awal percobaan. Kelulushidupan merupakan peluang hidup dalam suatu saat tertentu. Kelulushidupan ikan dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik yang mempengaruhi yaitu kompetitor, parasit, umur, kepadatan populasi, kemampuan adaptasi dari hewan dan penanganan manusia. Faktor abiotik yang berpengaruh antara lain sifat fisika dan sifat kimia dari suatu lingkungan perairan (Effendi, 1997). Padat tebar yang terjadi dapat menjadi salah satu penyebab rendahnya tingkat kelangsungan hidup suatu organisme, terlihat bahwa makin meningkat padat tebar ikan maka tingkat kelangsungan hidupnya akan makin kecil.

Menurut Seandy (2010), kelulushidupan adalah peluang hidup suatu individu dalam waktu tertentu, sedangkan mortalitas adalah kematian yang terjadi pada suatu populasi organisme yang menyebabkan berkurangnya jumlah individu di populasi tersebut. Tingkat kelulushidupan akan menentukan produksi yang diperoleh dan erat kaitannya dengan ukuran ikan yang dipelihara.

Menurut hasil penelitian Degani dan Levanon (1983), benih ikan sidat (*A. Anguilla*) dengan berat $0,35 \pm 0,025$ gram dan panjang 7 cm yang ditempatkan di dalam bak fiber ukuran $2 \times 0,4 \times 0,4 \text{ m}^3$ dengan padat penebaran yang berbeda, tingkat kelangsungan hidup yang paling tinggi terdapat pada padat penebaran $0,3 \text{ kg/m}^2$.

2.1.5 Pertumbuhan Ikan Sidat (*A. bicolor*)

Pertumbuhan diasumsikan sebagai pertambahan jaringan struktural, yang berarti pertambahan (peningkatan) jumlah protein dalam jaringan tubuh. Hampir semua jaringan secara aktif mengikat asam-asam amino dan menyimpannya secara intraseluler dalam konsentrasi yang lebih besar, untuk dibentuk menjadi protein tubuh (sel-sel tubuh) (Buwono, 2000).

Effendi (1997), menjelaskan dalam pertumbuhan, terjadi proses biologis yang kompleks dimana banyak faktor yang mempengaruhi diantaranya jenis pakan yang diberikan, jumlah, dan waktu pemberian pakan serta kualitas air harus optimum. Pertambahan panjang dan berat ini merupakan akibat penambahan jaringan yang terjadi melalui pembelahan sel secara mitosis. Hal ini dapat terjadi apabila terdapat kelebihan masukan energi dan asam amino (protein) yang berasal dari pakan setelah dipakai untuk metabolisme dasar, pergerakan, produksi, organ seksual, perawatan bagian-bagian tubuh atau mengganti sel-sel yang sudah tidak terpakai.

Di alam pertumbuhan ikan sidat (*Anguilla sp*) relative lambat. Pertumbuhan ikan sidat (*A. bicolor*) budidaya berkisar 11-17 cm/tahun (Deelder, 1981). Menurut Sarwono (1991), pertumbuhan ikan sidat (*A. bicolor*) yang dipelihara di kolam dengan variasi suhu tahunan 25-30°C (Indonesia) dapat mencapai ukuran 150-200 gram/ekor dalam waktu 7-9 bulan.

Menurut Ciptanto (2010), Benih sidat yang digunakan untuk budidaya ada 3 macam :

- 1). *Eivers* atau *glass eel*, mempunyai berat 0,15 gr (1 kg berisi 6000 ekor). Dibesarkan di kolam semen dengan salinitas 3-6 ppt. Untuk membesarkan sidat dengan ukuran ini diperlukan pengetahuan yang lebih banyak tentang sidat mengingat kondisinya yang masih rawan. Padat tebar *e/vers* yang dipelihara pada kolam-kolam kecil berpompa aerator adalah 2000 ekor/m³.
- 2). *Juvenil* : Berat 3 gr. Kepadatan tebar pada kolam kecil 50 ekor/m²
- 3). *Finger link* : Berat 15-20 gr hingga mencapai ukuran konsumsi. Padat tebar 5 ekor/m². Benih sidat untuk pembesaran yang biasa dipakai untuk budidaya adalah ukuran fingerlink. Dari ukuran 20 gr, dalam waktu 8 bulan bisa mencapai 900 gr per sidat.

Menurut Liewes (1978), pemeliharaan ikan sidat (*A. bicolor*) dengan berat awal 20 gram akan tumbuh menjadi ukuran yang dapat dipasarkan dalam waktu 2 tahun. Sedangkan menurut Robert (1982), untuk mencapai ukuran berat ikan sidat (*A. bicolor*) yang bisa dipasarkan (100-250 gram) membutuhkan waktu 12-18 bulan.

2.2 Mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.)

2.2.1 Klasifikasi dan Morfologi Mengkudu (*M. citrifolia* Linn.)

Mengkudu (*M. citrifolia*) termasuk tumbuhan keluarga kopi-kopian (*Rubiaceae*), berasal dari wilayah daratan Asia Tenggara. Menurut Tjitrosoepomo (1981) dalam Wijayanti (2001), klasifikasi mengkudu (*Morinda citrifolia*) adalah sebagai berikut:

- Filum : Angiospermae
- Subfilum : Dicotyledonae
- Divisi : Lignosae
- Famili : Rubiaceae
- Genus : *Morinda*
- Spesies : *Morinda citrifolia* Linn.

Gambar tanaman mengkudu (*M. citrifolia*) dapat dilihat pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Tanaman mengkudu (Anonymous, 2011^b)

Djauhariya (2003), menyatakan bahwa pohon mengkudu merupakan tanaman perdu, tingginya 3 – 8 m, banyak bercabang . Kulit batangnya berwarna coklat, cabang-cabangnya kaku, kasar tapi mudah patah. Daun mengkudu bertangkai, berwarna hijau tua mengkilap, tebal. Duduk daun bersilang, berhadapan, berbentuk bulat telur, lebar, sampai berbentuk elips. Panjang daun 10 – 40 cm, lebar 5- 17 cm, helaian daun tebal, mengkilap, tepi daun rata, ujungnya meruncing. Pangkal daun menyempit, tulang daun menyirip.

Mengkudu berbunga dan berbuah sepanjang tahun. Bunganya mempunyai dua alat kelamin yaitu jantan dan betina. Buahnya bulat sebesar telur ayam, permukaannya agak kasar. Ketika muda buahnya berwarna hijau dan akan bertukar menjadi kuning dan akhirnya berubah warna menjadi putih apabila masak. Apabila buahnya sudah masak berbentuk poligon seperti bentuk kentang. Dalam satu buah banyak terdapat biji. Dalam satu buah dapat mengandung lebih dari 300 biji. Bentuk biji pipih lonjong, berwarna hitam kecoklatan, kulit biji tidak teratur/tidak rata (Farida, 2008).

2.2.2 Habitat dan Perkembangbiakan Mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.)

Mengkudu merupakan tumbuhan tropis, dapat tumbuh di berbagai tipe lahan dan iklim pada ketinggian tempat dataran rendah, sampai 1.500 m dpl (di atas permukaan laut). Kondisi lahan dan lingkungan yang sesuai dan cocok untuk tanaman mengkudu adalah cukup sinar matahari, tanah agak kering sampai agak basah, subur, dan gembur cukup bahan organik dekat dengan sumber air dan drainasenya cukup baik, curah hujan 1.500 – 3.500 mm/tahun, pH tanah 5 – 7(Djauhariya *et al.*, 2003).

Tanaman mengkudu dapat beradaptasi dengan baik terhadap berbagai jenis tanah. Tanaman ini tumbuh dan berproduksi dengan baik di daerah dataran rendah sampai pada ketinggian antara 500 mdpl. Suhu udara antara 22 – 30 ° C. Mengkudu berkembang biak melalui batang dan biji benih. Mengkudu umumnya

diperbanyak dengan biji yang ditabur pada persemaian. Dalam buahnya mengandung biji benih yang berwarna coklat kehitaman dan dapat bertahan selama 6 bulan. Benih akan bercambah setelah 3-9 minggu disemai dan akan mulai menghasilkan buah setelah lebih kurang 3 (tiga) tahun ditanam dan akan mengeluarkan buah sepanjang tahun selama lebih dari 25 tahun. (Farida, 2008).

2.2.3 Komposisi Kimia Mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.)

Salah satu alkaloid penting yang terdapat dalam buah mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) adalah *xeronine*. Walaupun buah mengkudu (*M. citrifolia*) hanya mengandung sedikit *xeronine*, tetapi mengandung bahan-bahan pembentuk (prekursor) *xeronine*, yaitu *proxeronine* dalam jumlah besar. Proxeronine adalah sejenis asam koloid yang tidak mengandung gula, asam amino atau asam nukleat seperti koloid-koloid lainnya dengan bobot molekul relative besar 16.000. Apabila *proxeronine* dikonsumsi maka kadar *xeronine* di dalam tubuh akan meningkat. Di dalam tubuh manusia (usus) enzim *proxeronase* dan zat-zat lain akan mengubah *proxeronin* menjadi *xeronine* (Waha, 2001).

Daun mengkudu merupakan salah satu bagian dari tanaman mengkudu, mengandung zat nutrisi seperti protein, vitamin, dan mineral penting. Selenium, salah satu mineral yang terdapat pada mengkudu merupakan antioksidan yang hebat. *Proxeronin* adalah sejenis asam nukleat seperti koloid-koloid lainnya. *Xeronine* diserap sel-sel tubuh untuk mengaktifkan protein-protein yang tidak aktif, mengatur struktur, dan bentuk sel yang aktif (Anonymous, 2012)

Daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) juga mengandung bioflavanoid yang berperan melindungi vitamin C dari oksidasi, sehingga meningkatkan sistem kekebalan tubuh. Daun mengkudu (*M. citrifolia*) kaya akan antioksidan (vitamin, mineral, dan enzim yang dikenal mengurangi pengembangan radikal bebas dalam tubuh yang merusak fungsi sel) dan asam ursolat (mendukung aktivitas anti tumor, mengganggu aktivitas racun, melindungi liver dari bahan kimia yang

berbahaya sehingga meningkatkan sistem pertahanan tubuh, mampu merangsang apoptosis di dalam sel tumor. Secara tradisional daun mengkudu digunakan sebagai teh herbal untuk meringankan ketidaknyamanan pada usus, dan sembelit (Anonymous, 2011).

2.2.4 Pembuatan Silase daun Mengkudu

Silase adalah hijauan makanan yang diawetkan dengan cara tertentu (proses ensilase). Hasilnya masih dalam keadaan segar dan masih mempunyai gizi yang cukup tinggi. Proses ensilase adalah proses penguraian dan pembentukan zat-zat makanan karena aktivitas sel-sel tanaman yang masih hidup. Proses ensilase dibagi menjadi dua tahap, yaitu proses aerob dan an aerob. Proses aerob meliputi aktivitas respirasi sel-sel tanaman yang memerlukan oksigen dan membentuk CO₂, H₂O dan energy. Proses fermentasi an aerob terjadi karena aktivitas enzim dan bakteri. Pada proses tersebut, karbohidrat akan dirombak menjadi alkohol, asam organik, asam karbonat, air dan melepaskan panas. Bahan pengawet yang digunakan untuk proses pembuatan silase ini adalah tetes, dedak, tepung jagung, dan lain-lain yang berfungsi mempercepat penurunan pH (Handajani, 2010).

Daun mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.) memiliki kadar serat yang tinggi. Tingginya kadar serat kasar, umumnya didominasi oleh komponen *lignoselulosa* (karbohidrat kompleks) yang sulit dicerna (Mcdonald *et al.*, 2000 dalam Sofyan dan Febrisiantosa, 2007). Untuk itu perlu diberi perlakuan dengan cara dibuat silase guna meningkatkan kualitas nutrisinya sehingga mudah dicerna. Kandungan nutrisi daun mengkudu (*M. citrifolia*) dan silase daun mengkudu dapat dilihat pada (Lampiran 1). Dalam pembuatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) dilakukan penambahan molasses (Febriani, 2011).

Menurut Bolsen dan Sapienza (1983) secara garis besar proses pembuatan silase terdiri dari empat fase, yaitu :

1. Fase Aerob

Fase ini dimulai sejak bahan dimasukkan ke dalam silo. Untuk menghindari dampak negatif dari fase aerob ini, maka pengisian dan penutupan silo harus dilakukan dalam waktu singkat dan cepat.

2. Fase Fermentatif

Fase ini merupakan masa aktif pertumbuhan bakteri penghasil asam laktat. Bakteri tersebut akan memfermentasi gula menjadi asam laktat disertai produksi asam asetat, etanol, karbondioksida, dan lain-lain. Masa fermentatif aktif berlangsung selama 1 minggu – 1 bulan. Fermentasi gula yang cepat oleh bakteri penghasil asam laktat disebabkan oleh rendahnya pH akan menghentikan pertumbuhan mikroorganisme yang tidak diinginkan.

3. Fase Stabil

Fase ini terjadi setelah masa aktif pertumbuhan bakteri asam laktat berakhir. Faktor utama yang berpengaruh pada kualitas silase selama fase ini adalah permeabilitas silo terhadap oksigen. Tingkat kehilangan bahan kering dapat dikurangi jika silo ditutup dan disegel dengan baik sehingga hanya sedikit sekali aktivitas mikroba yang dapat terjadi pada fase ini.

4. Fase Pengeluaran Silase

Fase ini dimulai pada saat silo dibuka dan silasnya diberikan kepada ikan. Pada fase ini oksigen bebas akan mengkontaminasi permukaan silase yang terbuka, sehingga menyebabkan perkembangan mikroorganisme aerob.

Molasses merupakan campuran dari gula, non gula dan air yang mengkristal, dikenal dengan nama *caramel*. Molasses banyak mengandung glukosa yang dapat merangsang pertumbuhan bakteri asam laktat sehingga proses fermentasi dapat berjalan dengan cepat. Sekitar 50%. Molasses digunakan sebagai bahan baku fermentasi untuk menghasilkan antibiotic, asam

organic, serta ragi komersial yang dapat dipakai dalam pembuatan roti dan dapat langsung dimanfaatkan sebagai pakan hewan (Smith, 1995)

Dalam pembuatan silase daun mengkudu dilakukan pula penambahan bakteri asam laktat *Lactobacillus plantarum* (Febriani, 2011). *Lactobacillus plantarum* adalah bakteri non pathogen, gram positif, secara alami keberadaannya dalam air liur dan alat pencernaan manusia. Umumnya digunakan dalam fermentasi makanan.

Peranan bakteri asam laktat dalam fermentasi adalah untuk menghambat pertumbuhan bakteri lain yang tidak dikehendaki. Dalam pembuatan produk-produk fermentasi, asam laktat mampu memfermentasikan gula menjadi asam laktat, sehingga dapat menurunkan pH, menghambat aktivitas proteolitik, lipolitik dan pathogen lainnya (Fardiaz, 1992).

Pemilihan *L. plantarum* dengan pembuatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) didasari karena bakteri ini memiliki beberapa keunggulan. Menurut Sarles *et al.* (1956) *L. plantarum* mampu merombak senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana dengan hasil akhirnya yaitu asam laktat. Asam laktat dapat menghasilkan pH yang rendah pada substrat sehingga menimbulkan suasana asam. *L. plantarum* memiliki kemampuan untuk menghambat bakteri pathogen dan bakteri pembusuk (Delgado *et al.*, 2001). Menurut Jeni dan Rini (1995) dalam Rostini (2007) *L. plantarum* mempunyai kemampuan untuk menghambat mikroorganisme pathogen pada bahan pangan dengan daerah penghambatan terbesar dibandingkan dengan bakteri asam laktat lainnya.

Pada pembuatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) penambahan molasses sebesar 2,5 % dan *L. plantarum* sebesar 0,15% memberikan hasil yang terbaik secara organoleptik dan kadar proksimat (Febriani, 2011). Menurut Sulismuria (2008) dalam Febriani (2011), kualitas silase yang baik adalah pH

sekitar 4, kandungan air 60-70%, bau segar dan bukan berbau busuk, berwarna kehijau-hijauan, tidak berjamur, tidak menggumpal dan tidak berlendir.

2.3 Enzim

Semua reaksi sel dalam makhluk hidup sangat tergantung pada enzim. Enzim adalah molekul protein yang berperan untuk mempercepat reaksi kimia yang terjadi didalam tubuh makhluk hidup, tetapi enzim itu sendiri tidak ikut bereaksi. Enzim terdiri dari apoenzim dan gugus prostetik. Apoenzim yaitu bagian enzim yang tersusun dari protein, yang akan rusak bila suhu terlalu panas (*thermolabil*). Gugus prostetik yaitu bagian enzim yang tidak tersusun protein. Gugus prostetik dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu koenzim (tersusun dari bahan organik) dan kofaktor (tersusun dari bahan organik). Tanpa ko-enzim, enzim tidak akan dapat bekerja. Tanpa bantuan enzim maka reaksi kimia akan berjalan lambat, karena enzim bertindak sebagai katalis spesifik dan efisien. Terdapat lebih dari ribuan enzim penting yang diproduksi oleh sel tubuh dan juga dari luar tubuh melalui makanan, ataupun minuman. Enzim dihasilkan sel untuk mengkatalisa substratnya melalui reaksi kimia. Substrat akan melekat pada sisi aktif enzim untuk mencapai konformasi *transition state*, yaitu permukaan sisi aktif enzim harus setangkup dengan permukaan substrat (Aulanniam, 2009).

Enzim merupakan polimer biologis yang mengkatalisis lebih dari satu proses dinamik. Enzim memainkan peranan sentral dalam hal pengobatan, kesehatan dan penyakit. Pemecahan makanan untuk memasok energi serta unsur-unsur kimia pembangun tubuh (*building blocks*); perakitan *building blocks* menjadi protein, membran sel, serta DNA yang mengkodekan informasi genetik; dan akhirnya penggunaan energi untuk menghasilkan gerakan sel, semua ini dimungkinkan dengan kerja enzim-enzim yang terkordinasi secara cermat dan tepat sesuai dengan bagian masing-masing. Penamaan enzim ditandai dengan

penambahan –ase pada nama substansi atau substrat yang dihidrolisa, misalnya: Lipase menghidrolisa lemak, amilase menghidrolisa pati dan protease menghidrolisa protein (Murray *et al.*, 2003).

Enzim mempunyai sifat-sifat sebagai berikut: biokatalisator (mempercepat jalannya reaksi tanpa ikut bereaksi), *Thermolabil* (mudah rusak bila dipanasi pada suhu diatas 60 °C, karena enzim tersusun dari protein), dibutuhkan dalam jumlah sedikit, dapat digunakan berulang melalui teknik immobilisasi, bekerja didalam sel (endoenzim) dan diluar sel (ektoenzim), umumnya bekerja mengkatalisa satu arah walaupun ada yang dua arah, tidak dapat bekerja tanpa adanya suatu zat non protein tambahan yang disebut kofaktor, serta bekerja spesifik karena sisi aktif enzim setangkep dengan permukaan substrat tertentu.

Istilah enzim diperkenalkan pertama kali oleh Kuhne tahun 1878 sedangkan konsep kerja enzim dikembangkan oleh Emil Fischer tahun 1894, yang mempopulerkan fenomena “*Lock and Key*”, yang menjelaskan interaksi enzim substrat. Ada dua teori yang menjelaskan cara kerja enzim yaitu :

1. Teori *Lock and Key* : teori ini diusulkan oleh Emil Fischer. Menurut teori ini enzim bekerja sangat spesifik. Enzim dan substrat memiliki bentuk geometri komplemen yang sama persis sehingga bisa saling melekat.
2. Teori Ketepatan Induksi : teori ini diusulkan oleh Koshland pada 1958. Menurut teori ini, enzim bukan struktur yang spesifik melainkan fleksibel. Bentuk sisi aktif enzim hanya menyerupai substrat.

Menurut *International of Union Biochemistry* (IUB), berdasarkan reaksi yang dikatalisanya enzim dibagi dalam enam kelompok yaitu : *oksidoreduktase*, merupakan kelompok enzim yang mengkatalisa reaksi oksidasi reduksi, *transferase*, mengkatalisa reaksi pemindahan gugus fungsi, *hidrolase* mengkatalisa reaksi hidrolisa, *lipase* mengkatalisis reaksi pelepasan gugus, *isomerase* mengkatalisa interkonversi isomer-isomer optik geometric dan *ligase*

mengkatalisa reaksi penggabungan dua senyawa disertai peruaian molekul ATP (Moran *et al.*, 2000)

2.3.1 Enzim-Enzim Protease

Enzim protease merupakan salah satu enzim hidrolase yang dapat menghidrolisis ikatan peptide pada molekul protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana seperti protease, pepton, polipeptida, dipeptida, dan asam amino (Harper *et al.*, 1979).

Enzim protease dibagi menjadi eksopeptidase yang memotong peptida dari arah gugus karboksil terminal dan gugus amino terminal dan endopeptidase yang memecah protein dari ikatan peptide dari dalam. Yang termasuk golongan endopeptidase yang berasal dari tumbuhan adalah papain dan bromelin, dimana papain ditemukan pada getah dan buah pepaya sedangkan bromelin pada bagian buah, daun dan bonggol nenas (Muchtadi *et al.*, 1992)

Enzim endopeptidase yang berperan penting dalam pencernaan protein adalah pepsin dan tripsin. Pepsin disekresikan oleh mukosa lambung dan memiliki aktivitas proteolitik optimal pada pH 2. Selain dipengaruhi pH, pencernaan di lambung juga disokong oleh konsentrasi pepsin yang tinggi, suhu yang tinggi dan gerakan lambung yang intensif. Untuk dapat diserap, hasil endopeptidase lainnya adalah tripsin yang disekresikan oleh pankreas eksokrin berperan dalam menghidrolisis protein menjadi proteases, pepton, peptides dan asam amino dalam usus. Tripsin aktif secara maksimal pada media basa yaitu pada pH 7-11 (Fujaya, 2004).

Lehninger (1990) menambahkan bahwa enzim merupakan unit fungsional dari metabolisme sel. Enzim ini memiliki tenaga katalitik yang luar biasa, biasanya jauh lebih besar dari katalisator sintetik. Spesifitas enzim amat tinggi terhadap substratnya, enzim mempercepat reaksi kimiawi spesifik tanpa pembentukan produk samping dan molekul ini berfungsi pada keadaan suhu dan

pH normal. Hanya sedikit katalisator non biologi yang dilengkapi dengan sifat-sifat ini.

Whitaker (1994) menyatakan bahwa semua enzim adalah protein, tetapi tidak semua protein merupakan enzim. Sedangkan enzim memiliki sifat yang mirip dengan protein. Enzim disintesis oleh sel biologis seluruh organism hidup dan terlibat dengan reaksi kimiawi metabolisme.

Menurut Peranginangin (1996) *dalam* Roosdiana *et al.* (2003) enzim protease merupakan enzim ekstraseluler yang dikeluarkan oleh mikroba, berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein yang menghasilkan peptide lebih sederhana atau juga menghasilkan asam amino. Enzim protease dalam hasil pengolahan perikanan dapat dipakai untuk melarutkan protein yang tidak diinginkan. Ditambahkan pula oleh Volk dan Wheeler (1984) *dalam* Maharanie (2005), bahwa protein diuraikan menjadi asam amino dengan adanya enzim protease kemudian asam amino dapat diserap ke dalam sel yang dipakai untuk sintesa protein atau dipecah lebih lanjut untuk menghasilkan energi atau bahan bangunan untuk reaksi anabolisme.

Enzim protease berperan besar dalam proses-proses seluler akibat kemampuan proteolitiknya yang esensial. Proses-proses tersebut meliputi digesti, translokasi, tukar ganti protein, sekresi protein, aktivitas enzim dan hormon. Protease juga terlibat dalam aktivitas beberapa toksin yang penting dalam makanan. Oleh karena itu aktivitas protease ini perlu dimanipulasi sehingga dapat dimanfaatkan secara luas (Sperber dan Torrie, 1982)

Son dan Kim (2002) menambahkan bahwa protease bersifat kompleks, baik dalam daya katalitiknya maupun dalam sifat fisikokimianya. Protease juga berperan besar dalam proses-proses seluler akibat kemampuan proteolisisnya yang esensial, seperti katabolisme, koagulasi darah, pertumbuhan dan perpindahan sel, perubahan jaringan. Sebagian enzim ini tidak memerlukan ion

aktivator, namun demikian beberapa golongan enzim protease memerlukan aktivator dari kation-kation divalen untuk aktivitasnya.

2.3.2 Aktivitas Enzim Protease

Proses aktivitas enzim protease dalam menguraikan protein menjadi asam amino dan peptide dipengaruhi oleh substrat, pH, suhu. Beberapa faktor yang mempengaruhi kerja enzim, antara lain :

a. Substrat

Substrat kasein hingga saat ini masih banyak digunakan untuk pengujian aktivitas enzim protease. Coi *et al.* (1989) menguji aktivitas dari otot daging *Atlantic menhaden* menggunakan kasein. Nafaji *et al.* (2004) menguji aktivitas protease yang diisolasi dari *pseudomonas aeruginosa* menggunakan substrat haemoglobin atau kasein. Sumantha *et al.* (2005) juga menggunakan substrat kasein dalam buffer phosphate pH 7 untuk mengukur aktivitas *neutral metalloprotease* kapang.

b. pH (keasaman)

Enzim mempunyai kesukaan pada pH tertentu. Ada enzim yang optimal kerjanya pada kondisi asam, namun ada juga yang optimal pada kondisi basa. Namun kebanyakan enzim bekerja optimal pada pH netral (Azis, 2008). Semua enzim adalah protein, maka faktor-faktor yang berpengaruh terhadap aktivitas enzim juga merupakan faktor-faktor yang mempengaruhi struktur sekunder, tersier, kuaterner dari protein. Kenyataan itu menyebabkan faktor pH lingkungan yang berhubungan dengan kestabilan dan daya ionisasi gugus aktif suatu enzim akan mempengaruhi aktivitas enzim tersebut (Whitaker, 1994).

Enzim memiliki kepekaan yang sangat tinggi terhadap perubahan pH dilingkungannya. Pada umumnya enzim bersifat amfolitik, yang berarti enzim mempunyai konstanta disosiasi pada gugus asam maupun basanya, terutama pada gugus residu terminal karboksi dan gugus terminal aminonya. Enzim

menunjukkan aktivitas maksimum pada suatu kisaran pH disebut dengan pH optimum, yang umumnya antara pH 4,5 sampai 8,0. Suatu enzim tertentu mempunyai kisaran pH optimum yang sangat sempit. Di sekitar pH optimum enzim mempunyai stabilitas yang tinggi. Penggunaan enzim dalam industri pangan memiliki peranan yang penting, pengaturan pH harus ditujukan untuk mendapatkan keaktifan enzim yang maksimal (Wong, 1995).

Menurut Holme dan Peck (1998), pada kisaran pH yang ekstrim baik asam maupun basa terjadi inaktivasi enzim yang bersifat *irreversible*. Pada kisaran pH selebihnya masih dapat terjadi inaktivasi, tetapi bersifat *reversible*. Enzim dapat pula mengalami konformasi bila pH bervariasi. Gugus muatan yang jauh dari daerah terikatnya substrat mungkin diperlukan untuk mempertahankan struktur tersier atau kuaterner yang aktif. Dengan berubahnya muatan pada gugus ini, protein dapat mengakibatkan kehilangan aktivitas. Bergantung pada besarnya perubahan, aktivitas bisa pulih atau tidak ketika enzim tersebut dikembalikan pada pH-nya yang optimal (Whitaker, 1994).

c. Suhu

Pada umumnya semakin tinggi suhu, maka semakin meningkat pula laju reaksi kimia baik pada substrat yang dikatalisis maupun yang tidak dikatalisis oleh enzim. Namun perlu diingat bahwa enzim adalah protein, jadi semakin tinggi suhu maka inaktivasi enzim juga meningkat. Hal tersebut dikarenakan terjadinya denaturasi pada protein enzim sehingga aktivitas enzim akan menurun (Holme dan Peck, 1998).

Wong (1995) menyatakan pengaruh suhu terhadap enzim agak kompleks, misalnya pada suhu yang terlalu tinggi dapat mempercepat perusakan atau pemecahan enzim, sebaliknya semakin tinggi suhu (dalam batas tertentu) maka akan semakin aktif enzim tersebut. Bila suhu masih naik terus, laju kerusakan enzim akan melampaui reaksi katalisis enzim. Whitaker (1994) juga menyatakan,

meskipun kenaikan suhu akan meningkatkan kecepatan reaksi yang dikatalisis enzim, namun kenyataan ini hanya berlaku dalam kisaran suhu yang terbatas. Kecepatan reaksi mula-mula meningkat dengan kenaikan suhu dan peningkatan energi kinetik enzim akan melampaui rintangan energi untuk memutuskan ikatan hydrogen dan hidrofobik yang lemah, yang mempertahankan struktur sekunder-tersiernya.

Perubahan-perubahan temperature dapat mempengaruhi reaksi enzimatik dari beberapa segi, yaitu : kestabilan enzim, perubahan daya kelarutan gas, perubahan pH buffer, afinitas enzim-substrat, velositas konversi dari substrat ke produk, dan derajat asosiasi multipolipetida dari enzim (Whitaker, 1994)

Aktivitas enzim diuji pada suhu yang mudah dipergunakan (25-37 °C) dengan konsentrasi substrat jenuh, antara lain : pengujian aktivitas protease yang diisolasi dari udang (Jiang *et al.*, 1991), sedangkan Molina dan Toldra (1992) menguji aktivitas protease mikroba yang diekstraksi dilakukan pada suhu 30 °C, namun belum ada standar suhu pengujian spesifik. Oleh karena itu suhu pengujian yang dipergunakan harus disebutkan dalam kasus-kasus pengujian aktivitas enzim (Palmer, 1991).

d. Produk akhir

Azis (2008) menjelaskan Reaksi enzimatik selalu melibatkan 2 hal, yaitu substrat dan produk akhir. Dalam beberapa hal produk akhir ternyata dapat menurunkan produktivitas kerja enzim. Robyt dan White (1987) menjelaskan kecepatan reaksi substrat yang dikatalisis enzim dapat ditentukan secara kuantitatif, yang dinyatakan sebagai aktivitas enzim. Aktivitas enzim ini ditentukan berdasarkan kecepatan penguraian substrat maupun kecepatan pembentukan produk pada satuan waktu tertentu.

2.3.3 Pengukuran Aktivitas Enzim Protease

Aktivitas enzim didefinisikan sebagai jumlah enzim yang menyebabkan perubahan 1 μg substrat per menit pada keadaan pengukuran optimal (Lehninger, 2000). Penentuan aktivitas protease ditekankan pada sediaan enzim protease. Prinsip penentuan ini berdasarkan pada hidrolisis enzimatis substrat kasein. Asam-asam amino yang terbentuk harus dipisahkan dari substrat yang tidak terhidrolisis. Pemisahan ini dilakukan dengan penambahan TCA. Penambahan TCA akan menyebabkan produk yang mengandung peptida dan asam amino akan larut dalam TCA, sedangkan protein yang tidak terhidrolisis akan mengendap. Penambahan TCA sekaligus menginaktifkan enzim protease (Sumarlin, 2011).

Pada umumnya substrat yang digunakan untuk uji aktivitas enzim protease adalah α -kasein yang bersumber dari kasein susu sapi (bovine milk). Asam amino yang menyusun α -kasein tersebut adalah Arg- Tyr- Lev- Bly- Lev (Ametani, 1989). Besarnya aktivitas protease ditentukan berdasarkan jumlah tirosin yang dihasilkan dari hidrolisis protein yang dapat ditentukan secara spektrofotometri (Kosim dan Putra, 2009).

2.4 Kualitas Air

Air menjadi kebutuhan utama dalam budidaya ikan. Selain sebagai media internal, air juga sebagai media eksternal bagi ikan. Sebagai media internal, air sebagai pengangkut bahan pakan dan memperlancar metabolisme dalam tubuh ikan. Sebagai media eksternal, air berfungsi sebagai habitat ikan (Wiyanto dan Rudi, 2007).

Kegunaan air bagi organisme hidup harus memenuhi berbagai persyaratan, baik fisik, kimia maupun biologis. Dari segi fisik air merupakan tempat hidup dan menyediakan ruang gerak bagi organisme di dalamnya. Dari

segi kimia air sebagai pembawa unsur hara, mineral dan gas-gas esensial. Dari segi biologis air merupakan media yang baik untuk kegiatan biologis dalam pembentukan dan penguraian bahan-bahan organik. Dalam suatu kegiatan budidaya perairan, kualitas air merupakan salah satu faktor yang memegang peranan penting karena organisme hidup dalam perairan tersebut. Kualitas air yang diuji meliputi faktor fisika dan kimia, diantaranya adalah suhu, kandungan oksigen terlarut dan pH (Subarijanti, 2000).

2.4.1 Suhu

Suhu adalah kapasitas panas. Pengukuran suhu sebaiknya secara siklus harian dengan termometer, sehingga suhu yang terukur benar-benar akurat tanpa banyak dipengaruhi oleh suhu sekitarnya (Sutisna dan Ratno, 1995). Menurut Kordi dan Andi (2007), kisaran suhu optimal bagi kehidupan ikan di perairan tropis adalah antara 28 – 32 °C.

Menurut Sarwono (1997), suhu air sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan sidat. Temperatur sangat berpengaruh pula terhadap aktivitas makanannya, hingga sidat memiliki kecepatan tumbuh yang tinggi pada suhu air antara 23 – 30 °C. Pada suhu tersebut aktivitas makan sidat memang paling baik.

2.4.2 pH

Derajat Keasaman (pH) didefinisikan sebagai logaritma negatif konsentrasi ion H^+ maka yang harus diperhitungkan dalam menentukan rata-rata nilai pH adalah pengaruh berbagai bahan kimia lain (Zonneveld *et al.*, 1991)

pH (singkatan dari *puissance negatif de H*) yaitu logaritma dari kepekatan ion-ion H (hidogen) yang terlepas dalam suatu cairan (Kordi dan Andi, 2007). Nilai pH suatu perairan dapat mempengaruhi pertumbuhan bagi biota didalamnya bahkan dapat menyebabkan kematian. Menurut Usui (1974) lokasi

pemeliharaan sidat harus memiliki tingkat pH antara 6,5-8,0. Forrest (1976) menyatakan bahwa pada pH antara 4,5-6,5 diduga dapat menyebabkan gangguan pada aktivitas makan dan pertumbuhan ikan sidat.

2.4.3 Oksigen Terlarut (DO)

Oksigen terlarut merupakan perubahan mutu air paling penting bagi kehidupan organisme air. Oksigen terlarut dalam air pada konsentrasi tertentu dapat diserap oleh haemosianin dalam pembuluh darah lamella insang akibat perbedaan tekanan parsial. Oksigen yang diserap kemudian dimanfaatkan dalam proses metabolisme baik untuk pembentukan sel baru (pertumbuhan) dan untuk penggantian sel yang hilang (Asmawi, 1986). Sumber utama oksigen terlarut dalam air adalah difusi dari udara dan hasil fotosintesis biota yang berklorofil yang hidup di dalam perairan (Mulyanto, 1992).

Pernafasan pada ikan sidat dilakukan dengan dua cara yaitu melalui insang dan kulit, dengan perbandingan 40 % melalui insang dan 60 % melalui kulit (Usui, 1974). Menurut Usui (1974), kisaran oksigen yang dapat menunjang pertumbuhan ikan sidat adalah 1-10 mg/l. Dijelaskan pula menurut Usui (1974) apabila kandungan oksigen terlarut berada dibawah 1 mg/l ikan sidat tidak dapat bernafas dan akan naik ke permukaan untuk mengambil udara di permukaan.

Konsentrasi kelarutan oksigen di dalam air merupakan variable yang penting pengaruhnya terhadap kehidupan organisme akuatik. Ketika oksigen terlarut rendah maka ikan akan stress dan pertumbuhan lambat, mudah terkena penyakit dan bahkan akan terjadi kematian. Kandungan oksigen terlarut juga dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan sidat (*Anguilla bicolor*). Affandi dan Riani (1994) memperkirakan bahwa kandungan oksigen terlarut optimal untuk pertumbuhan ikan sidat (*Anguilla bicolor*) pada media budidaya sekitar 6 ppm dan pH optimal sekitar 7-8.

2.4.4 TAN (Total Ammonia Nitrogen)

Amonia dalam air kolam merupakan hasil dari metabolisme ikan dan penguraian senyawa organik oleh bakteri. Akumulasi dari amonia (NH_3) dalam air akan menghambat pengeluaran amonia melalui membran sel insang ikan (Ahmad,1992). Amonia bersifat racun bagi ikan, tingkat racun amonia terhadap ikan dengan kontak langsung singkat adalah 0,6-2,0 ppm (Boyd,1982)

Kandungan amonia seiring dengan kenaikan pH konsentrasi amonia yang tinggi akan menjadi racun dan akan mempengaruhi dasar perairan, tetapi bila racun amonia sedikit akan menyebabkan perairan dalam kondisi asam. Bila pH semakin tinggi maka amonia akan meningkat sehingga akan menjadi racun di perairan, dengan alkalinitas yang tinggi (Boyd,1982).

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrien utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi amonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobacter*. Kedua jenis bakteri tersebut merupakan bakteri kemotrofik, yaitu bakteri yang mendapatkan energi dari proses kimiawi (Effendi,2003).

3. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu akuarium yang berukuran 80 x 40 x 40 cm³ sebanyak 12 buah, timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram, aerator, selang aerasi, batu aerasi, selang air, ayakan, nampan, serok, ember plastik, toples, alat pencetak pellet, oven, filter, genset, blower, penggaris, anco, heater akuarium, termometer, DO meter, pH meter, NH₃ test, penggaris, seperangkat alat gelas, labu ukur 10 ml dan 100 ml, shaker (Edmund Buhler SM 25), spektrofotometer UV-Vis (merek Shimadzu tipe QP2010S), lemari pendingin, Hot plate, magnetic stirrer, waterbath, sentrifuse dingin (Fischer Scientific Centrifuge). Untuk lebih jelasnya Gambar mengenai peralatan penelitian dapat dilihat pada (Lampiran 2).

3.1.2 Bahan Penelitian

a. Hewan Uji

Hewan uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan sidat (*A. bicolor*) yang berasal dari UPPB (Unit Pengelola Pengembangan Budidaya) Deket, Lamongan Jawa Timur. Ukuran ikan yang digunakan adalah $5 \pm 0,35$ g/ekor.

b. Media Penelitian

Media yang digunakan dalam penelitian ini adalah air tawar pada Laboratorium Workshop Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Air diperoleh dari tandon kemudian dialirkan lewat pipa menuju akuarium berukuran 80 x 40 x 25 cm³ sebanyak 12 buah dengan ketinggian 25 cm dan volume 80 liter. Media percobaan

sebelumnya telah diberi aerasi untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarutnya. Pengelolaan media uji dilakukan dengan cara penyiponan air yang dilakukan dua hari sekali yaitu pada pagi hari pukul 07.00 WIB sebelum pemberian pakan. Dilakukan penyiponan kemudian ditambahkan air tawar sesuai dengan ketinggian awal sebelum penyiponan.

c. Bahan Penelitian

Pakan uji yang digunakan adalah pakan yang dibuat dan dibentuk menjadi pelet dengan kandungan protein 40 %, hasil formulasi yang tersusun dari tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*), tepung ikan, tepung yuyu, tepung keong, tepung tapioka, vitamin, dan mineral mix serta progol, sedangkan bahan kimia yang digunakan antara lain : HCl 0,1 M, aquades, buffer fosfat pH 6,5, TCA 5%, Larutan kasein 1 % pH 6,5. Gambar beberapa bahan penelitian dapat dilihat pada Lampiran 2.

Daun mengkudu yang difermentasi menjadi silase berasal dari kebun tanaman mengkudu di Universitas Hang Tuah Surabaya. Dalam pembuatan silase daun mengkudu dilakukan penambahan molasses sebesar 2,5 % dan *L. plantarum* sebesar 0,15 %. Bakteri *L. plantarum* berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya.

d. Formula Pakan

Formulasi pakan ditentukan berdasarkan komposisi kimia semua bahan penyusun pakan percobaan yang akan digunakan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa maksimum penggunaan protein silase daun mengkudu yang bisa disubstitusi terhadap tepung ikan adalah 30%. Substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan yaitu sebesar 0% (Pakan A), 10% (Pakan B), 20% (Pakan C) dan 30% (Pakan D). Komposisi kimia masing-masing bahan penyusun pakan yang digunakan dalam formulasi pakan dapat dilihat pada Tabel

2 dan Formulasi pakan percobaan ikan sidat (*A. bicolor*) dapat dilihat pada Tabel

3.

Tabel 2. Komposisi kimia bahan penyusun pakan percobaan

Jenis Bahan	Kadar Kering (%) [*]	Protein (%) [*]	Lemak (%) [*]	Kadar Abu (%) [*]	Serat Kasar (%) [*]	BETN ^{**}	Energi (Kkal/g) ^{***}
Tepung keong	89,12	66,62	1,02	20,33	0	1,15	280,26
Tepung yuyu	90,48	30,88	0,79	31,39	0	27,42	240,31
Tepung ikan	91,03	70,17	1,91	16,37	0	2,58	308,19
Tepung silase daun mengkudu	91,68	22,40	3,43	11,78	15,35	38,72	275,35
Tepung tapioka	84,03	0,19	0,97	0,07	0,76	82,04	337,65
Progol	89,4	1,79	0,37	11,66	1,48	74,1	349,29

Keterangan :

*= Hasil Analisis Proksimat Laboratorium Pengujian Mutu dan Keamanan Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya Malang

** Hasil analisis perhitungan dengan rumus:

BETN = 100 - (kadar protein kasar + kadar lemak kasar + kadar abu + kadar serat kasar)

Karbohidrat = 100 - (kadar protein kasar + kadar lemak kasar + kadar abu)

***Energi (Kkal/g) = (4 x % protein) + (9 x % lemak) + (4 x BETN)

Tabel 3. Formula pakan percobaan ikan sidat (*Anguilla bicolor*)

Jenis Bahan (%)	PERLAKUAN			
	A(0)	B(10)	C(20)	D(30)
Tepung keong	8,03	8,03	8,03	8,03
Tepung yuyu	11,72	11,72	11,72	11,72
Tepung ikan	38,92	35,03	31,13	27,24
Tepung silase daun mengkudu	0	12,28	24,56	36,84
Minyak cumi	10	10	10	10
Tepung tapioca	24,55	17,45	10,34	3,23
Vitamin mineral mix	2,5	2,5	2,5	2,5
Progol	47,99	33,56	19,24	4,92
Total	100	100	100	100

3.2 Metode dan Rancangan Penelitian

3.2.1 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. yaitu suatu metode yang mengadakan kegiatan percobaan untuk melihat suatu hasil atau hubungan kausal.

Pada dasarnya tujuan daripada eksperimen adalah untuk menyelidiki ada tidaknya hubungan sebab akibat serta seberapa besar hubungan sebab akibat tersebut dengan cara memberi perlakuan tertentu pada beberapa kelompok eksperimen dan menyediakan kontrol perbandingan. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan observasi langsung dan pengamatan langsung yaitu cara pengumpulan data dengan menggunakan mata tanpa ada pertolongan alat standar lain (Nazir, 1988).

3.2.2 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). RAL digunakan untuk percobaan yang mempunyai media atau tempat percobaan yang seragam atau homogen, sehingga RAL banyak digunakan untuk percobaan laboratorium, rumah kaca dan peternakan. Karena media homogen, maka media atau tempat percobaan tidak mempengaruhi pada respon yang diamati (Sastrosupadi, 2000).

Model untuk RAL adalah sebagai berikut :

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$$

Keterangan:

Y_{ij} = respon atau nilai pengamatan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

μ = nilai rata-rata

τ_i = pengaruh perlakuan ke-i

ε_{ij} = pengaruh kesalahan (galat) percobaan dari perlakuan ke-i dan ulangan ke-j

Perlakuan yang diberikan adalah pemanfaatan tepung silase daun mengkudu (*Morinda citrifolia*) yang berbeda dalam formula pakan yang menggantikan protein tepung ikan dengan perbandingan protein tepung ikan dan protein silase daun mengkudu pada Tabel 4 sebagai di bawah ini :

Tabel 4. Perbandingan Protein Tepung SDM dengan Protein Tepung ikan.

Pakan	Protein tepung SDM	Protein tepung ikan
A (Kontrol)	0	100
B	10	90
C	20	80
D	30	70

Masing-masing perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga terdapat 12 unit percobaan. Pakan kontrol tanpa menggunakan tepung silase mengkudu, dibandingkan dengan 3 formula pakan yang menggunakan tepung silase daun mengkudu, yang selanjutnya disebut sebagai variabel bebas. Empat perlakuan formulasi pakan tersebut akan diamati pengaruhnya terhadap aktivitas enzim protease pada ikan sidat yang selanjutnya disebut sebagai variabel terikat. Penempatan perlakuan dilakukan secara acak dengan denah penelitian seperti pada Gambar 4.

A3	B3	C2	D2	D3	C3
D1	C1	B2	A2	B1	A1

Gambar 4 . Denah penelitian

Keterangan :

A,B,C,D : Perlakuan

1,2,3 : Ulangan

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Persiapan Penelitian

Persiapan Penelitian meliputi persiapan pakan, alat dan hewan uji.

a. Persiapan Pakan

- Pembuatan silase daun mengkudu (Lampiran 3)
- Analisis proksimat bahan penyusun pakan (Tabel 2)

- Penentuan formulasi pakan (Tabel 3)
- Pembuatan pakan (Lampiran 4)
- Analisis ulang proksimat pakan (Lampiran 5)

b. Persiapan alat

- Pencucian akuarium
- Persiapan alat-alat pendukung (aerasi, thermometer, timbangan dan lain-lain)
- Pengisian air pada akuarium

c. Persiapan hewan uji

Hewan uji yang digunakan yaitu ikan sidat (*A. bicolor*) dengan padat penebaran 21 ekor/m².

3.3.2 Pelaksanaan Penelitian

a. Persiapan ikan sidat (*Anguilla bicolor*)

- Akuarium diisi air dengan ketinggian 25 cm dengan volume 80 liter.
- Sebelum ikan sidat dimasukkan dalam akuarium terlebih dahulu dipasang aerasi untuk meningkatkan kandungan oksigen terlarut
- Ikan sidat ditebar dengan kepadatan 21 ekor/akuarium yang telah ditimbang beratnya dan dinyatakan sebagai berat awal populasi
- Pemberian pakan berupa pelet dengan jumlah 3% dari berat badan biomass yang diberikan sesuai dengan perlakuan dengan frekuensi 2 kali sehari yaitu pukul 08.00 WIB sebanyak 40% dan pukul 20.00 WIB sebanyak 60% dari jumlah pakan dalam sehari.
- Sebelum pemberian pakan, terlebih dahulu dilakukan penyiponan sisa-sisa feses

- Dilakukan pergantian air sebanyak 30% dari volume media pemeliharaan yang dilakukan dua hari sekali
- Pengukuran suhu dan DO dilakukan setiap hari pada pagi dan malam (Pukul 07.00 dan 20.00 WIB)
- Pengukuran kandungan TAN (Total ammonia nitrogen) dilakukan setiap 15 hari sekali pada pagi hari sebelum dilakukan sampling.
- Sampling dilakukan setiap 15 hari sekali dengan cara menimbang berat ikan untuk mengetahui pertumbuhan dan penyesuaian jumlah pakan.
- Pada akhir penelitian setelah 45 hari dilakukan perhitungan jumlah ikan sidat yang masih hidup dan menimbanginya sebagai berat akhir populasi.

b. Pengambilan enzim protease (Rahayu, 1988)

- Diambil bagian lambung dan usus ikan
- Kemudian Isi lambung dan usus dimasukkan ke tabung (tube)
- Selanjutnya disentrifuge dengan kecepatan 6.000 rpm pada suhu 4°C selama 10 menit. (Tujuan dari sentrifuse ini adalah memisahkan antara padatan (sisa pakan) dan cairan (supernatan) yang mengandung enzim protease)
- Supernatan (cairan yang mengandung enzim protease) diambil dan dimasukkan kedalam tabung lainnya dan disimpan dalam refrigerator.
- Penyimpanan supernatant dilakukan pada suhu rendah ($\pm 4^{\circ}\text{C}$) agar aktivitas enzim tetap stabil dan enzim terhindar dari kerusakan baik akibat terdegradasi maupun denaturasi.

c. Pembuatan Larutan Standar Tirosin (Rahayu,1988)

- Ditimbang sebanyak 0,1 g tirosin dan dilarutkan dengan 60 ml HCl 0,1 M dalam gelas kimia
- Kemudian dimasukkan larutan dalam labu ukur 100 mL
- Ditambah akuades hingga tanda batas dan dikocok sampai homogen sehingga diperoleh larutan stok tirosin 100 ppm ($\mu\text{g/mL}$)
- Larutan stok tirosin dipipet 100 ppm dipipet 10 mL kemudian dimasukkan dalam labu ukur 10 mL
- Diencerkan dengan akuades sampai tanda batas
- Diukur absorbansinya dengan spektrofotometer UV-Vis pada interval (250-300) nm dan ditentukan λ maksnya.
- Selanjutnya dibuat grafik hubungan antara data absorbansi terhadap panjang gelombang (Lampiran 6)

d. Uji aktivitas protease (Rahayu,1988)

- Diambil 1 ml supernatant kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi
- Ditambahkan 2,5 ml larutan kasein 1 % dalam buffer fosfat pH 6,5
- Diinkubasi dalam waterbath suhu 37 °C selama 10 menit
- Ditambahkan 2,5 ml larutan TCA 5 %
- Didiamkan selama 30 menit pada suhu kamar (27 °C)
- Disentrifugasi pada kecepatan 300 rpm selama 5 menit dan Diambil filtratnya
- Diukur absorbansi dengan Spektrofotometer UV-Vis pada λ 287 nm (untuk blanko digunakan larutan enzim dengan perlakuan yang sama, tetapi penambahan TCA dilakukan sebelum penambahan substrat).

3.4 Parameter Uji

3.4.1 Parameter Utama

a. Penentuan Aktivitas Enzim Protease

Aktivitas protease dinyatakan dalam satuan Unit (microgram glukosa/g.menit). 1 Unit aktivitas protease adalah banyaknya μ mol tirosin yang dihasilkan tiap 1 ml enzim permenit. Pengukuran aktivitas enzim dilakukan dengan mengkonversi nilai serapan menjadi konsentrasi tirosin ($\mu\text{g/ml}$) dengan menggunakan kurva baku tirosin. Nilai aktivitas enzim diukur dari kadar tirosin yang diperoleh dari hasil plot terhadap kurva baku tirosin dengan rumus :

$$\text{AKTIVITAS ENZIM (AE)} = \frac{\text{konsentrasi tirosin}}{\text{BM tirosin}} \times \frac{v}{p \times q}$$

Dengan :

AE = Aktivitas enzim (Unit)

V = Volume total sampel percobaan pada tiap tabung (ml)

BM = Berat molekul Tirosin ($181 \mu\text{g}/\mu\text{mol}$)

q = waktu reaksi (menit)

p = volum ekstrak kasar protease (ml)

3.4.2 Parameter Penunjang

Parameter penunjang dalam penelitian ini adalah kualitas air media meliputi suhu dengan termometer, DO dengan DO meter, pH dengan pH meter dan NH_3 dengan TAN kit.

Parameter penunjang yang diamati juga adalah pertumbuhan, setiap 15 hari sekali. Data yang dianalisis antara lain :

- a. **Kelangsungan hidup (*Survival Rate*)** menurut Effendie (2002), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SR = \frac{N_t}{N_o} \times 100 \%$$

Keterangan :

SR= Kelangsungan hidup ikan (%)

Nt= Jumlah ikan pada akhir pemeliharaan (ekor)

No= Jumlah ikan pada awal pemeliharaan (ekor)

- b. **Laju Pertumbuhan Spesifik (*Specific Growth Rate*)** menurut Hadadi *et. al* (1989), dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$SGR = \frac{\ln \overline{Wt} \times \ln \overline{Wo}}{t} \times 100\%$$

Keterangan :

SGR = Laju pertumbuhan spesifik (%BB/hari)

t = Lama penelitian (hari)

\overline{Wt} = Berat rata-rata individu pada akhir penelitian (gram)

\overline{Wo} = Berat rata-rata individu pada awal penelitian (gram)

3.5 Analisis Data

Untuk mengetahui pengaruh pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim pencernaan ikan sidat (*A. bicolor*). Maka data yang diperoleh dari hasil penelitian, akan di uji normalitas untuk mengetahui kenormalan dari sebuah data, kemudian dianalisis secara statistik dengan menggunakan analisis keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan rancangan acak lengkap (RAL). Apabila dari data sidik ragam diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau berbeda sangat nyata (*highly significant*) (F hitung > F tabel) maka untuk membandingkan nilai antar perlakuan dilanjutkan dengan uji Tukey/BNT (Beda Nyata Terkecil). Dari uji ini dilanjutkan dengan analisis polynomial orthogonal untuk mengetahui uji respon.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari penelitian tentang pengaruh penggunaan silase daun mengkudu (*Morinda citrifolia*) dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat (*Anguilla bicolor*), diperoleh hasil pengamatan setiap parameter pada masing-masing perlakuan selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 5. Data nilai parameter masing-masing perlakuan selama penelitian.

Parameter *)	Substitusi Protein Silase Daun Mengkudu terhadap Protein Tepung ikan			
	A (0%)	B (10%)	C (20%)	D (30%)
Aktivitas Enzim	7,58 ± 0,22 ^a	9,66 ± 1,23 ^{bc}	11,17 ± 0,61 ^c	7,85 ± 1,57 ^a
SR	84,13 ± 5,50 ^a	85,71 ± 4,77 ^a	93,65 ± 2,75 ^a	84,12 ± 2,75 ^a
SGR	0,41 ± 0,04 ^a	0,63 ± 0,07 ^b	0,73 ± 0,09 ^b	0,38 ± 0,04 ^a

*) Nilai yang diikuti dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf λ 0.05 ($p > 0,05$)

4.1 Aktivitas Enzim Protease

Adanya beberapa enzim yang dapat diujikan secara langsung karena diperlukan konsentrasi yang sangat rendah untuk mengkatalisis suatu bagian dari reaksi. Adanya enzim dapat digambarkan melalui hilangnya substrat atau terbentuknya produk-produk reaksi. Enzim diinkubasi dengan substrat pada kondisi yang sesuai. Aktivitas enzim disebut juga sebagai kinetik enzim. Kinetik enzim adalah kemampuan enzim dalam membantu reaksi kimia. Kemampuan enzim ini dapat ditentukan berdasarkan kecepatan penguraian substrat maupun kecepatan pembentukan produk dan dinyatakan dalam μmol substrat yang terurai atau produk yang terbentuk pada satuan waktu tertentu. Data hasil

parameter utama aktivitas enzim protease ikan sidat (*A. bicolor*) dapat dilihat pada Tabel 6 dan Lampiran 9.

Tabel 6. Data aktivitas enzim protease pada ikan Sidat (*A. bicolor*) selama penelitian.

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A	7,82	7,55	7,37	22,74	7,12	0,22
B	10,22	10,52	8,25	28,99	9,66	1,23
C	11,24	11,75	10,52	33,51	33,51	0,61
D	8,4	6,08	9,09	23,57	23,57	0,91
Total				108,81		

Nilai aktivitas enzim protease pada ikan sidat di akhir penelitian berkisar antara 7.58 – 11.17 Unit. Data pada Tabel 6 dianalisis menggunakan SPSS 16, menunjukkan data menyebar normal dapat dilihat pada Lampiran 8. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap aktivitas enzim protease maka dilakukan perhitungan statistik Lampiran 9 dan didapatkan hasil sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Sidik ragam aktivitas enzim protease ikan Sidat (*A. bicolor*)

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	25,363	8,454	7,616	0,010
Acak	8	8,881	1,110		
Total	11	34,243			

Keterangan : Significant = 0,010

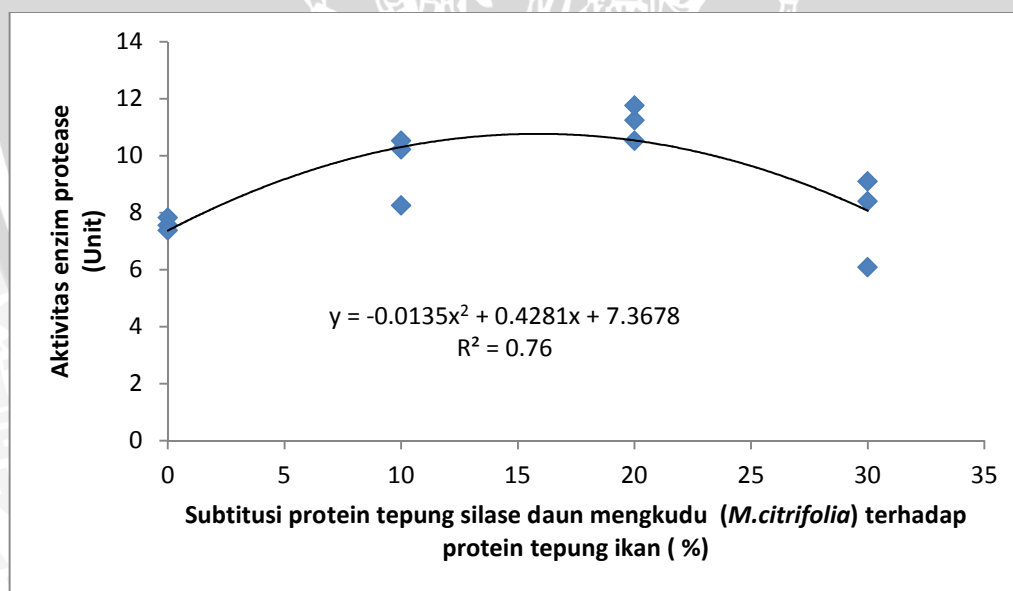
Berdasarkan hasil sidik ragam pada Tabel 7 dan Lampiran 11 menunjukkan bahwa pemanfaatan substitusi protein silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat (*A. bicolor*) dimana ($p < 0,05$). Untuk mengetahui tingkat perbedaaan masing-masing perlakuan maka dilanjutkan dengan Uji Tukey/BNT pada Tabel 8 dan Lampiran 9.

Tabel 8. Uji tukey aktivitas enzim protease ikan Sidat (*A. bicolor*)

Rata-Rata Perlakuan	A = 7,58	D = 7,85	B = 9,65	C = 11,17	Notasi
A = 7,58	-	-	-	-	a
D = 7,85	0,27 ^{ns}	-	-	-	a
B = 9,66	2,08*	1,81*	-	-	bc
C = 11,17	3,59**	3,32**	1,51 ^{ns}	-	c

Keterangan = ^{ns} tidak berbeda nyata
 * berbeda nyata
 ** berbeda sangat nyata

Dari Tabel 8 terlihat bahwa Perlakuan C berbeda sangat nyata dengan perlakuan A dan D. Namun perlakuan C tidak berbeda nyata dengan perlakuan B. Dari hasil Uji Tukey dilanjutkan dengan analisis regresi untuk mengetahui uji respon. Untuk mengetahui hubungan antara perlakuan dengan persentase yang berbeda pada pemanfaatan substitusi protein silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim pencernaan ikan sidat (*A. bicolor*) maka dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Hubungan antara substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim protease ikan Sidat (*A. bicolor*)

Hubungan antara pemanfaatan silase daun mengkudu dalam formula pakan dengan cara substitusi protein silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan untuk aktivitas enzim protease ikan sidat (*A. bicolor*) menunjukkan sebuah persamaan kuadrat $y = -0.0135x^2 + 0.4281x + 7.3678$ dengan nilai $R^2 = 0.76$. Dari hasil persamaan tersebut, didapatkan nilai perlakuan maksimum pada dosis 15,86 % dengan aktivitas enzim protease sebesar 10,76 (Unit).

Profil enzim pencernaan merupakan salah satu aspek biologis yang penting untuk diamati karena berkorelasi dengan pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan. Pemanfaatan pakan yang efisien dan efektif serta pertumbuhan yang cepat merupakan indikator dalam keberhasilan budidaya. Peningkatan aktivitas enzim sejalan dengan semakin kompleks dan sempurnanya perkembangan struktur sistem pencernaan dalam tubuh ikan sidat, termasuk di dalamnya adalah kelenjar-kelenjar yang mensekresikan enzim, dengan semakin meningkatnya umur dari ikan tersebut. Hal ini sesuai dengan pernyataan Dabrowski (1979), bahwa produksi enzim pencernaan (protease) itu sendiri berkorelasi erat dengan perkembangan struktur sistem pencernaan. Pola peningkatan aktivitas enzim pencernaan yang sejalan dengan penambahan umur larva juga terjadi pada larva kerapu batik *Ephinephelus microdon* (Jayadi, 2004), dan eel *Anguilla japonica* (Kurokawa *et al.*, 2002). Hal ini ditunjang pula oleh pernyataan Handajani (2006), bahwa Kemampuan ikan dalam mencerna pakan sangat bergantung pada kelengkapan organ pencernaan dan ketersediaan enzim pencernaan. Perkembangan saluran pencernaan berlangsung secara bertahap dan setelah ikan mencapai ukuran atau umur tertentu maka saluran pencernaannya akan mencapai kesempurnaan. Perkembangan struktur pencernaan tersebut diikuti pula oleh perkembangan enzim pencernaan.

Aktivitas enzim juga berkorelasi erat dengan pertumbuhan. Dalam hal ini, semakin baik atau cepatnya proses penyerapan makanan yang terjadi berpengaruh terhadap semakin meningkatnya pertumbuhan. Namun hal ini harus pula disesuaikan dengan jenis pakan yang diberikan dan jenis serta umur dari ikan yang dipelihara. Hal ini sesuai dengan pernyataan Hephher (1988) bahwa Aktivitas enzim merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi tingkat pertumbuhan ikan secara umum. Aktivitas enzim pencernaan sendiri secara umum bervariasi menurut umur dan faktor fisiologis ikan. Hal ini ditunjang pula oleh pernyataan Cahu dan Infante (1995), bahwa Perubahan atau variasi aktivitas enzim berhubungan dengan tingkat perkembangan sistem pencernaan dan perbedaan kebutuhan nutrient dalam setiap stadia kehidupan larva. Dijelaskan pula oleh McBride (2004) bahwa Jenis pakan yang diberikan memberi pengaruh terhadap aktivitas enzim pencernaan.

Hasil di atas menunjukkan bahwa pada perlakuan C memberikan hasil yang terbaik dikarenakan bahwa semakin cepat aktivitas enzim protease yang terjadi di dalam tubuh ikan sidat (*A. bicolor*) maka akan berbanding lurus dengan penyerapan dan pertumbuhannya. Adanya pemanfaatan silase daun mengkudu dalam hal ini berupa *xeronin* (*proxeronin*) pada dosis optimum memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap aktivitas enzim protease pada ikan sidat (*A. bicolor*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Bestari *et al.* (2005), *Xeronin* ini membantu memperluas lubang usus kecil sehingga memudahkan proses penyerapan makanan, memperbaiki tugas kelenjar tiroid dan timus yang penting untuk kekebalan tubuh dan perlawanan menghadapi infeksi dari luar, mengaktifkan enzim-enzim dan mengatur fungsi protein di dalam sel.

Penggunaan jumlah silase daun mengkudu dalam pakan ikan juga perlu dibatasi karena apabila terlalu tinggi maka akan menurunkan pertumbuhan. Hal ini dapat dikarenakan kandungan serat pada perlakuan pakan D yang cukup

tinggi yaitu 11 % sehingga menurunkan nilai pencernaan pakan, dengan tingginya kandungan serat kasar ini pakan akan sulit dicerna oleh ikan sehingga pertumbuhan ikan juga akan lambat dan struktur substrat dengan kandungan serat kasar yang tinggi diduga pula menyebabkan penurunan aktivitas enzim dalam pemecahan substrat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handajani (2010) yang menyatakan bahwa penurunan daya cerna protein ini disebabkan kemampuan ikan mencerna protein pakan hanya sampai pada batas tertentu. Ada banyak hal yang mempengaruhinya, salah satu diantaranya adalah kandungan serat kasar pada bahan pakan tersebut. Dalam penelitian Spanhoff (1986) pada ikan Sidat (*A. Anguilla*) menunjukkan bahwa peningkatan kadar karbohidrat pada pakan yang berkadar protein sama dapat menyebabkan aktivitas protease meningkat sampai tercapai titik maksimum dan setelah itu menurun.

4.2 Kelulushidupan (*Survival Rate*)

Kelulushidupan adalah perbandingan antara jumlah individu yang hidup pada akhir percobaan dengan jumlah individu yang hidup pada awal percobaan. Data hasil parameter penunjang kelulushidupan ikan sidat (*A. bicolor*) dapat dilihat pada Tabel 9 dan Lampiran 10.

Tabel 9. Data hasil kelulushidupan / *Survival Rate* (SR) ikan Sidat (*A. bicolor*) (%)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A	80,95	80,95	90,48	252,38	84,13	5,50
B	85,71	90,48	80,95	257,14	85,71	4,77
C	95,24	90,48	95,24	280,96	93,65	2,75
D	85,71	85,71	80,95	252,37	84,12	2,75
Total				1042,85		

Nilai kelulushidupan ikan sidat di akhir penelitian berkisar antara 84,12 – 93,65%. Data pada Tabel 10 di analisis menggunakan SPSS 16, menunjukkan data menyebar normal dapat dilihat pada Lampiran 11. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kelulushidupan maka dilakukan perhitungan statistik Lampiran 12 dan didapatkan hasil sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Sidik ragam kelulushidupan / *Survival Rate* (SR) ikan Sidat (*A. bicolor*)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	187,251	62,417	3,667	0,063
Acak	8	136,168	17,021		
Total	11	323,418			

Keterangan : Significant = 0,063 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$)

F table 5 % = 4,07

F table 1 % = 7,59

Karena F hitung < F table 5 %, maka hasilnya adalah ns = tidak berbeda nyata

Hasil perhitungan sidik ragam menunjukkan bahwa pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) dalam formula pakan tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kelulushidupan ikan sidat, dimana ($p > 0,05$).

Kelulushidupan ikan sidat pada penelitian ini relatif tinggi berkisar antara 84,12-93,65 %. Dibandingkan dengan literatur, hasil penelitian Purwanto (2007) ikan sidat yang diberi pakan cacing Tubifex dan Daphnia selama 35 hari nilai kelulushidupannya sebesar 79,25% pada padat penebaran 600 gr/m³ dan 69,38% pada padat penebaran 1,000 gr/m³.

Persentase kelulushidupan ikan sidat (*A. bicolor*) dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti kemampuan menyesuaikan diri dengan lingkungan, penanganan manusia, padat tebar, kompetitor, umur serta predator. Pada penelitian ini menggunakan padat tebar 0,3 kg/m² dengan jumlah ikan 21 ekor per akuarium yang berukuran 80 x 40 x 40 cm³ merupakan padat tebar yang sesuai untuk ikan

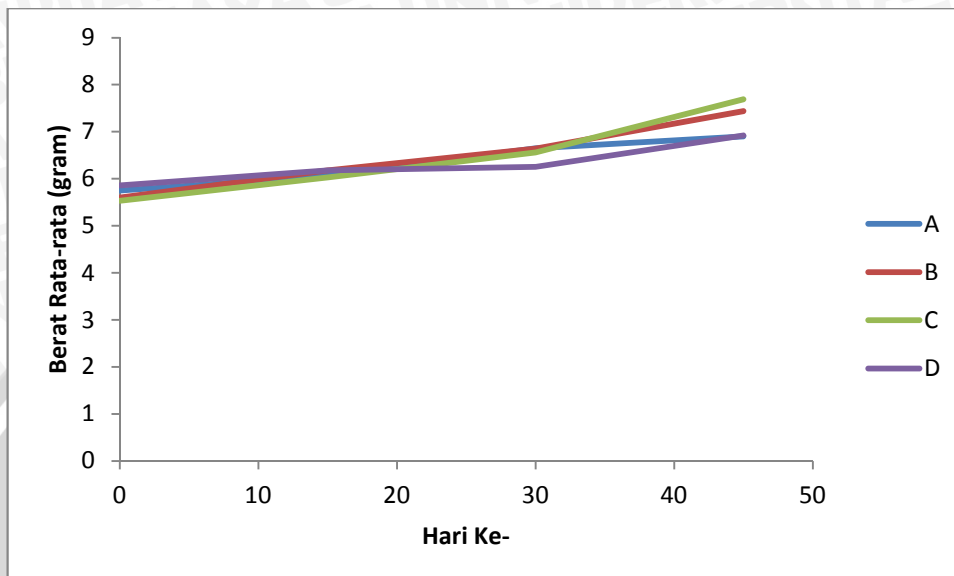
sidat dikarenakan apabila padat tebar terlalu tinggi akan mengakibatkan kelangsungan hidup rendah akibat kanibalisme. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Degani dan Levanon (1983), benih ikan sidat (*A. anguilla*) ditempatkan di dalam bak fiber ukuran 2 x 0,4 x 0,4 m³ dengan padat penebaran yang berbeda, tingkat kelangsungan hidup yang paling tinggi terdapat pada padat penebaran 0,3 kg/m².

Nilai kelulushidupan tertinggi sebesar 93,65% diperoleh pada perlakuan C dengan pemanfaatan substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan sebanyak 20 %. Salah satu faktor yang dapat meningkatkan kelulushidupan ikan sidat selama penelitian adalah kualitas pakan dan tingkat pemberian pakan sehingga kebutuhan pakan dapat terpenuhi tanpa terjadi persaingan. Pemberian pakan selama pemeliharaan dilakukan dua kali sehari yaitu 40% pada pagi hari dan 60% pada malam hari. Persentase pemberian pakan pada malam hari lebih banyak disesuaikan dengan kebiasaan makan ikan sidat di alam yang umumnya mencari makan di malam hari. Menurut Rovara *et al.* (2007) aktivitas makan ikan sidat (*A. bicolor*) umumnya pada malam hari (nokturnal).

Tingkat kelulushidupan terendah sebesar 84,12% diperoleh pada perlakuan D. Kematian ikan sidat pada perlakuan ini lebih banyak jika dibandingkan dengan perlakuan B, A dan C. Hal ini dikarenakan terjadi kanibalisme akibat kualitas pakan yang kurang sesuai karena pada perlakuan D kandungan silase daun mengkudu yang paling tinggi sehingga tidak bisa dicerna dengan baik oleh ikan sidat dan memungkinkan terjadinya kanibalisme. Menurut Arief *et al.* (2011), tingkat kelulushidupan ikan dipengaruhi oleh manajemen budidaya yang baik antara lain padat tebar, kualitas pakan, kualitas air, parasit atau penyakit. Pakan yang mempunyai nutrisi yang baik sangat berperan dalam mempertahankan kelangsungan dan mempercepat pertumbuhan ikan.

4.3 Laju Pertumbuhan Spesifik (*Specific Growth Rate*)

Data hasil pertumbuhan berat total dan berat rata-rata ikan sidat (*A. bicolor*) dapat dilihat pada Gambar 6 dan Lampiran 13.



Gambar 6. Pertambahan berat rata-rata ikan sidat (*A. bicolor*) selama penelitian

Keterangan :

- A = Substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) 0 % terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan.
- B = Substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) 10 % terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan
- C = Substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) 20 % terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan
- D = Substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) 30 % terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan

Selanjutnya data pertumbuhan ikan sidat di analisis untuk mendapatkan nilai laju pertumbuhan spesifik pada Tabel 11 dan Lampiran 14.

Tabel 11. Data hasil laju pertumbuhan spesifik / *Specific Growth Rate* (SGR) ikan Sidat (*A. bicolor*) (%BB/hari)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata	Standar Deviasi
	1	2	3			
A	0,36	0,44	0,42	1,22	0,41	0,04
B	0,71	0,60	0,58	1,89	0,63	0,07
C	0,69	0,84	0,67	2,20	0,73	0,09
D	0,36	0,42	0,36	1,14	0,37	0,04
Total				6,45		

Dari hasil analisis menggunakan SPSS 16, data pada Tabel 11 menunjukkan data menyebar normal pada Lampiran 15. Untuk mengetahui perlakuan terhadap laju pertumbuhan spesifik maka dilakukan perhitungan statistik pada Lampiran 16 dan didapatkan hasil sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Sidik ragam laju pertumbuhan spesifik / *Specific Growth Rate* (SGR) ikan sidat (*Anguilla bicolor*) (%BB/hari)

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	Sig.
Perlakuan	3	0,266	0,089	21,578	0,000
Acak	8	0,033	0,004		
Total	11	0,299			

Keterangan : Significant = 0,000 berbeda sangat nyata ($p < 0,05$)

Berdasarkan hasil sidik ragam pada Tabel 12 dan Lampiran 16 menunjukkan bahwa pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) dalam formula pakan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan sidat (*A. bicolor*) dimana ($p < 0,05$). Untuk mengetahui tingkat perbedaan masing-masing perlakuan maka dilanjutkan dengan uji Tukey/BNT pada Tabel 13 dan Lampiran 16.

Tabel 13. Uji tukey laju pertumbuhan spesifik / *Specific Growth Rate* (SGR) ikan Sidat (*Anguilla bicolor*)

Rata-Rata Perlakuan	D = 0,38	A = 0,41	B = 0,63	C = 0,73	Notasi
D = 0,38	-	-	-	-	a
A = 0,41	0,03 ^{ns}	-	-	-	a
B = 0,63	0,25**	0,22**	-	-	b
C = 0,73	0,35**	0,32**	0,1 ^{ns}	-	b

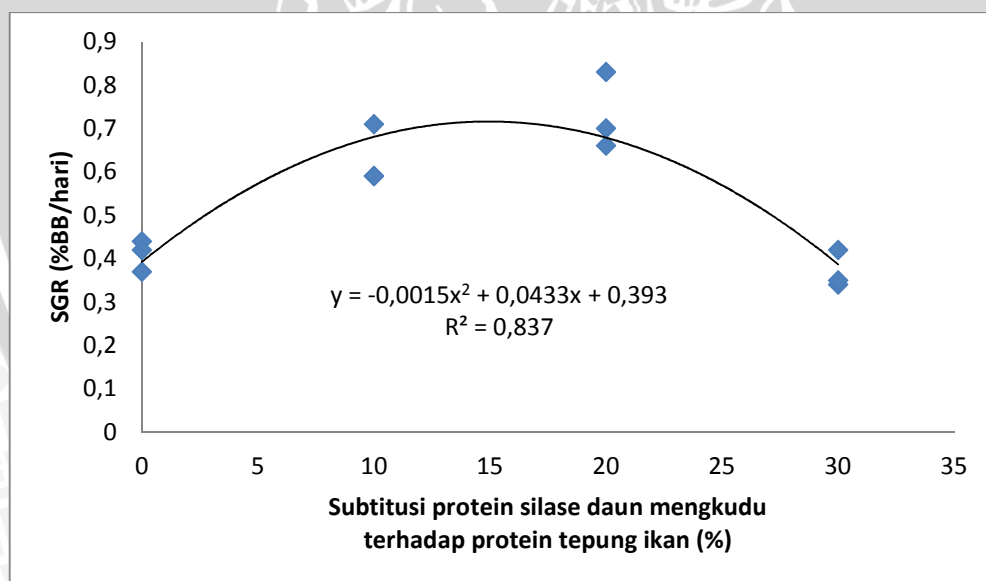
Keterangan = ^{ns} tidak berbeda nyata
 * berbeda nyata
 ** berbeda sangat nyata

Uji BNT tersebut adalah membandingkan nilai antara perlakuan dengan nilai rerata pada perlakuan yaitu perlakuan C dan B berbeda sangat nyata sangat

nyata dengan perlakuan A dan D, namun perlakuan C tidak berbeda nyata dengan perlakuan B.

Berdasarkan Tabel 12, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik (SGR) ikan sidat (*A. bicolor*) selama penelitian berkisar antara 0,37 – 0,73 (%BB/hari). Dari hasil Uji BNT (Tabel 14) diperoleh hasil bahwa perlakuan C dengan jumlah silase daun mengkudu 20 % dalam formula pakan memberikan laju pertumbuhan spesifik yang terbaik yaitu 0,73 %BB/hari jika dibandingkan dengan perlakuan B,A dan D.

Dari hasil uji Tukey dilanjutkan dengan analisis regresi untuk mengetahui uji respon atau untuk mengetahui hubungan antar tiap perlakuan. Untuk mengetahui hubungan antara pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan sidat (*Anguilla bicolor*) maka dapat dilihat pada Gambar 7



Gambar 7. Hubungan antara substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) dalam formula pakan terhadap laju pertumbuhan spesifik (SGR) ikan sidat (*A. bicolor*)

Hubungan antara pemanfaatan silase daun mengkudu dalam formula pakan dengan cara substitusi protein silase daun mengkudu terhadap protein

tepung ikan untuk laju pertumbuhan spesifik (SGR) ikan sidat (%BB/hari) menunjukkan persamaan kuadrat $y = 0,393 + 0,0433x - 0,00145x^2$ dengan nilai $R^2 = 0,837$. Dari hasil persamaan tersebut, didapatkan nilai perlakuan maksimum pada dosis silase daun mengkudu (*M. citrifolia*) 14,9 % dengan nilai laju pertumbuhan spesifik 0,72 (%BB/hari).

Menurut Mudjiman (2004), jumlah energi yang digunakan untuk pertumbuhan tergantung pada jenis ikan, umur, kondisi lingkungan dan komposisi makanan. Hewan yang berukuran kecil umumnya mempunyai laju metabolisme yang lebih tinggi dibandingkan dengan hewan dewasa.

Kandungan mineral yang paling menonjol dalam mengkudu yaitu Kalium dimana jumlahnya 2,065 mg/100 g. Diduga dengan adanya Kalium pada dosis tertentu dalam Mengkudu akan mempercepat penyerapan makanan dan secara tidak langsung berpengaruh pada pertumbuhan ikan Sidat (*A. bicolor*). Hal ini sesuai dengan pernyataan West (2009) yang menerangkan bahwa Kalium ditemukan di hampir seluruh tubuh dalam bentuk elektrolit dan banyak terdapat pada saluran pencernaan. Sebagian besar kalium tersebut berada di dalam sel, sebagian lagi terdapat di luar sel. Mineral ini akan berpindah secara teratur dari dan keluar sel, tergantung kebutuhan tubuh. Di dalam tubuh, kalium biasanya bekerja sama dengan sodium atau natrium (Na) dalam mengatur keseimbangan muatan elektrolit cairan tubuh. Keseimbangan ini dijaga dengan menyesuaikan jumlah asupan kalium dari makanan dan jumlah kalium yang dibuang.

Kandungan lain yang terdapat dalam mengkudu yaitu adanya *xeronine* dan *proxeronine*. Diduga dengan peningkatan pemanfaatan substitusi protein silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan dalam dosis optimal akan berdampak pada meningkatnya bobot/ berat tubuh dari ikan sidat (*A. bicolor*). Hal ini sesuai dengan pernyataan Waha (2001), Salah satu alkaloid penting yang terdapat dalam buah mengkudu (*M. citrifolia*) adalah *xeronine*. Walaupun buah

mengkudu (*M. citrifolia*) hanya mengandung sedikit *xeronine*, tetapi mengandung bahan-bahan pembentuk (prekursor) *xeronine*, yaitu *proxeronine* dalam jumlah besar. *Proxeronine* adalah sejenis asam koloid yang tidak mengandung gula, asam amino atau asam nukleat seperti koloid-koloid lainnya dengan bobot molekul relative besar 16,000. Apabila *proxeronine* dikonsumsi maka kadar *xeronine* di dalam tubuh akan meningkat. Di dalam tubuh manusia (usus) enzim *proxeronase* dan zat-zat lain akan mengubah *proxeronin* menjadi *xeronine*.

Penggunaan jumlah silase daun mengkudu dalam pakan ikan juga perlu dibatasi karena apabila terlalu tinggi maka akan menurunkan laju pertumbuhan spesifik. Hal ini dapat dikarenakan kandungan serat pada perlakuan pakan D yang cukup tinggi yaitu 11 % (Lampiran 5) sehingga menurunkan nilai pencernaan pakan, dengan tingginya kandungan serat kasar ini pakan akan sulit dicerna oleh ikan sehingga pertumbuhan ikan juga akan lambat. Hal ini sesuai dengan pernyataan Handajani (2011) yang menyatakan bahwa penurunan daya cerna protein ini disebabkan kemampuan ikan mencerna protein pakan hanya sampai pada batas tertentu. Ada banyak hal yang mempengaruhinya, salah satu diantaranya adalah kandungan serat kasar pada bahan pakan tersebut.

4.4 Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu faktor penting yang perlu diperhatikan karena mempengaruhi keberhasilan suatu usaha budidaya, pengontrolan secara berkala agar tetap pada kisaran yang sesuai perlu dilakukan. Pengelolaan kualitas air dengan cara mengkondisikan air sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan fisik dan kimiawi bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan sidat (*A. bicolor*) yang dipelihara. Kualitas air memberikan gambaran umum mengenai kondisi media pemeliharaan suatu usaha budidaya. Kisaran kualitas air selama penelitian ikan sidat dapat dilihat pada Tabel 14 di bawah ini

Tabel 14. Kisaran hasil pengukuran parameter kualitas air media penelitian ikan sidat (*Anguilla bicolor*) selama penelitian.

Parameter Kualitas air *)	Substitusi Protein Silase Daun Mengkudu Terhadap Protein Tepung Ikan			
	A (0 %)	B (10 %)	C (20 %)	D (30 %)
Suhu (°C)	29,58 ± 1,00 ^a	29,51 ± 0,70 ^a	29,70 ± 0,72 ^a	29,69 ± 0,73 ^a
pH	8,07 ± 0,18 ^a	8,08 ± 0,19 ^a	8,13 ± 0,16 ^a	8,16 ± 0,17 ^a
DO (mg/l)	6,80 ± 0,80 ^a	6,69 ± 0,79 ^a	6,47 ± 0,92 ^a	6,91 ± 0,70 ^a
TAN (mg/l)	0,21 ± 0,22 ^a	0,56 ± 0,77 ^a	0,36 ± 0,35 ^a	0,35 ± 0,36 ^a

*) Nilai yang diikuti dengan notasi yang sama menunjukkan tidak berbeda pada taraf λ 0.05 ($p > 0,05$)

4.4.1 Suhu

Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, karena itu penyebaran organisme baik di lautan maupun di perairan tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, dapat menekan hewan budidaya bahkan menyebabkan kematian bila peningkatan suhu drastis.

Data hasil pengukuran suhu pagi dan malam hari selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 17. Hasil pengukuran suhu pada masing-masing perlakuan diperoleh pada kisaran 29,51-29,70 °C. Menurut Svobodova *et al.* (1993) dalam Nugroho (2012), menyatakan bahwa Suhu air menjadi salah satu factor penentu keberhasilan budidaya ikan air tawar pada umumnya maupun *A. bicolor*. Suhu optimum dalam budidaya perikanan penting untuk dijaga karena suhu berperan dalam dalam menentukan laju metabolisme di dalam tubuh ikan. Rata-rata suhu air pada masa pemeliharaan *A. bicolor* sebesar 25-30°C. Angka tersebut masuk kedalam skala kondisi optimal dalam pemeliharaan *A. bicolor*.

Hasil sidik ragam (Lampiran 18 dan 19) menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan silase daun mengkudu (*M.citrifolia* Linn.) dalam formula pakan ikan sidat (*A. bicolor*) tidak memberikan pengaruh yang berberda terhadap perubahan suhu karena ($p>0,05$)

4.4.2 Derajat Keasaman (pH)

Data hasil pengukuran derajat keasaman (pH) pagi dan malam hari selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 20. Hasil pengukuran pH pada masing-masing perlakuan diperoleh pada kisaran 8,07-8,16. Dimana kisaran pH tersebut masih dalam kondisi normal untuk pemeliharaan ikan sidat. Menurut Nugroho *et al.* (2012), pH air untuk budidaya *A. bicolor* berkisar antara 6,18 - 8,5. Rentang nilai standar pH tersebut juga tidak berbeda jauh dengan Djadjadireja dan Jangkaru (1973) dalam Purwanto (2007), yaitu 6,5 – 8,5 untuk sebagian ikan air tawar. Monitoring terhadap nilai pH menjadi penting untuk dilakukan karena penurunan maupun peningkatan pH air akan berdampak pada perubahan kandungan NH_3 di dalam air. Perubahan tersebut dapat bersifat toksik bagi ikan dan menyebabkan kematian. Meskipun demikian, ikan secara umum memiliki kemampuan untuk memproduksi lebih banyak lendir di bagian permukaan kulit tubuhnya maupun insang sebagai mekanisme terhadap perubahan pH air.

Hasil sidik ragam (Lampiran 21 dan 22) menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan ikan sidat (*A. bicolor*) tidak memberikan pengaruh yang berberda terhadap nilai pH karena ($p>0,05$)

4.4.3 Oksigen Terlarut

Ikan sidat membutuhkan oksigen guna pembakaran bahan bakarnya (makanan) untuk menghasilkan aktivitas, seperti aktivitas berenang, pertumbuhan, reproduksi dan sebaliknya. Oleh karena itu, ketersediaan oksigen bagi ikan sidat menentukan lingkaran aktivitasnya, konversi pakan, demikian juga

laju pertumbuhan bergantung pada oksigen, dengan ketentuan faktor kondisi lainnya adalah optimum. Karena itu, kekurangan oksigen dalam air dapat mengganggu kehidupan ikan, termasuk kepesatan pertumbuhannya.

Data hasil pengukuran oksigen terlarut (DO) selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 23. Hasil pengukuran DO selama penelitian dapat dilihat pada masing-masing perlakuan pada kisaran 6,69-6,91 mg/L. Konsentrasi kelarutan oksigen di dalam air merupakan variable yang penting pengaruhnya terhadap kehidupan organisme akuatik. Ketika oksigen terlarut rendah maka ikan akan stress dan pertumbuhan lambat, mudah terkena penyakit dan bahkan akan terjadi kematian. Kandungan oksigen terlarut juga dapat mempengaruhi pertumbuhan ikan sidat (*A. bicolor*). Affandi dan Riani (1994) memperkirakan bahwa kandungan oksigen terlarut optimal untuk pertumbuhan ikan sidat (*A. bicolor*) pada media budidaya sekitar 6 ppm dan pH optimal sekitar 7-8. Menurut Boyd (1982), kadar oksigen terlarut 3 ppm atau kurang dapat membahayakan ikan, sedangkan kadar oksigen terlarut yang baik untuk budidaya ikan adalah 5 ppm.

Hasil sidik ragam (Lampiran 24 dan 25) menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan ikan sidat (*A. bicolor*) tidak memberikan pengaruh yang berberda terhadap kandungan oksigen terlarut (DO) karena ($p>0,05$)

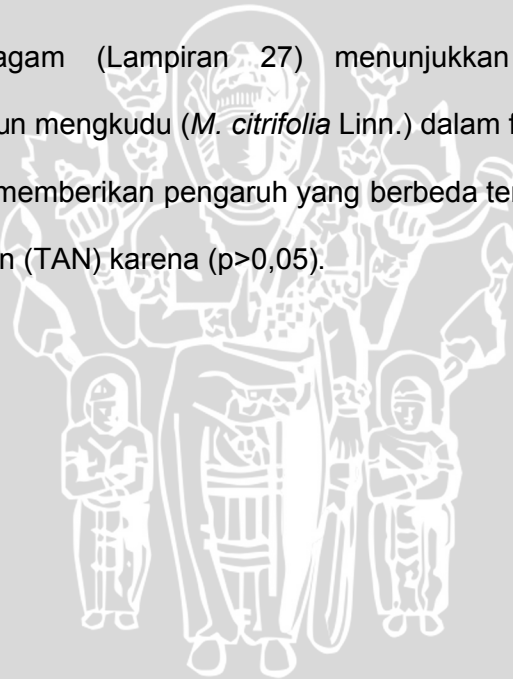
4.4.4 Total Ammonia Nitrogen (TAN)

Ammonia merupakan produk akhir utama katabolisme protein yang disekresikan ke luar tubuh ikan melalui insang dan kulit, serta berperan pada regulasi ion melalui pertukaran ion Na^+ .

Data hasil pengukuran TAN selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran. Hasil pengukuran TAN pada masing-masing perlakuan diperoleh pada kisaran 0,21-0,56 mg/l (Lampiran 26), dimana kisaran TAN tersebut kurang

cocok bagi pemeliharaan ikan sidat. Menurut Boyd (2008), konsentrasi TAN tinggi dapat terjadi di kolam dimana species budidaya diberi pakan pabrik. Meskipun ammonia jarang membunuh ikan atau udang, konsentrasi ammonia-nitrogen diatas 0,2 mg/l dapat membuat stress dan menurunkan pertumbuhan. Konsentrasi TAN diatas 2 mg/l dapat berpotensi mengakibatkan level ammonia berbahaya di air bersuhu hangat jika pH tinggi. Menurut Zhang dan Perschbacher (2003) untuk mengurangi tingginya Total Ammonia Nitrogen (TAN) dapat dilakukan dengan cara menggunakan karbon aktif. Karbon aktif dapat menurunkan TAN dari 9,40 mg/l menjadi 7,91 mg/l atau sebesar 15,9% setelah 96 jam.

Hasil sidik ragam (Lampiran 27) menunjukkan bahwa dengan pemanfaatan silase daun mengkudu (*M. citrifolia* Linn.) dalam formula pakan ikan sidat (*A. bicolor*) tidak memberikan pengaruh yang berbeda terhadap kandungan Total Ammonia Nitrogen (TAN) karena ($p>0,05$).



5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini tentang Pengaruh silase daun mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.) dalam formula pakan terhadap aktivitas enzim protease ikan sidat (*Anguilla bicolor*) adalah sebagai berikut :

- Perlakuan pemanfaatan substitusi protein tepung silase daun mengkudu terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan memberi pengaruh nyata terhadap proses penyerapan zat makanan yang lebih baik sehingga mempercepat aktivitas enzim protease (pencernaan) yang ada di lambung ikan sidat (*Anguilla bicolor*). Dari hasil perlakuan tersebut, didapatkan nilai perlakuan maksimum pada dosis silase daun mengkudu (SDM) 15,85 % dengan aktivitas enzim protease sebesar 10,76 Unit.

5.2 Saran

Dari hasil penelitian ini dapat disarankan bahwa untuk mendapatkan aktivitas enzim protease ikan sidat (*Anguilla bicolor*) yang terbaik dengan pemanfaatan substitusi protein tepung silase daun mengkudu (*Morinda citrifolia* Linn.) terhadap protein tepung ikan dalam formula pakan, sebaiknya menggunakan dosis protein silase daun mengkudu (SDM) sebesar 15,85 %.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2011^a. Ikan sidat (*Anguilla bicolor*). www.sidatku.com. diakses pada tanggal 23 Desember 2011.
- . 2011^b. Mengkudu (*Morinda citrifolia*). www.nonies.com. diakses pada tanggal 23 Desember 2011.
- . 2012. Kandungan Mengkudu. ([http://www. Tribun-timur.com/read /artikel/50105](http://www.Tribun-timur.com/read/artikel/50105)) Diakses pada tanggal 16 Mei 2012.
- Affandi, R.N. Suhendra, dan E. Riany. 1994. Studi Adaptasi benih ikan sidat (elver) *Anguilla sp.* Pada berbagai tingkat salinitas. Fakultas Perikanan. IPB. 47 hlm.
- Affandi, R. 2008. Strategi Pemanfaatan Sumberdaya Ikan Sidat *Anguilla spp* di Indonesia. Direktorat Jenderal Perikanan. Jakarta. 65 hlm.
- Ametani, A., M. Shimizu., S. Kamirogawa., dan K, Yamauchi. 1989. Structure of Alpha-S1-Casein at an oil water interface : An analytical approach using immunochemical methods *J. Agric.Biol.chem.* **22** (53): 1297-1299.
- Arief, M. Pertiwi, D.K. Cahyoko, Y. 2011. Pengaruh pemberian pakan buatan, pakan alami, dan kombinasinya terhadap pertumbuhan, rasio konservasi pakan dan tingkat kelulushidupan ikan sidat (*Anguilla bicolor*). *J.Ilm.Per.Kel* **3** (1) :61-65
- Asmawi, S.1986 .Parameter Kualitas Air Tambak. Gramedia Pustaka. Jakarta. 65 hlm.
- Aulanniam. 2009. *Enzim sebagai Biokatalis dan Perannya dalam Transformasi Biologis*. Pidato Pengukuhan Guru Besar bidang Biokimia. Universitas Brawijaya. Hlm:2-3
- Azis, P. 2008. Enzim dan Faktor-faktor yang mempengaruhi Laju Kerja Enzim. [http:// greenforce .files .wordpress .com /2008 /01 / materi – tambahan- praktikum.pdf](http://greenforce.files.wordpress.com/2008/01/materi-tambahan-praktikum.pdf). Diakses tanggal 28 April 2012.
- Bestari, J., A. Parakkasi., dan A. Susilo. 2005. Pengaruh pemberian tepung daun mengkudu (*Morinda Citrifolia* Linn.) yang direndam air panas terhadap penampilan ayam broiler. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Institut Pertanian Bogor. Bogor. hlm :703-715
- Boyd, C.E. 1982. Water Quality Management for Pond Fish Culture. *El Sevier. Sci. Pub. Com.* New York. 318 pp
- Buwono, I. D. 2000. Kebutuhan Asam Amino Esensial dalam Ransum Ikan. Kanisius. Yogyakarta. 56 hlm.

- Cahu, C. and J.Z. Infante.1995. Maturation of the pancreatic and intestinal digestive function in sea bass (*Dicentrarchus labrax*): effect of weaning with different protein sources. *J.Fish.Phys. and Biochem* **14** (6): 431-437
- Choi, Y.J., Cho Y.J and T.C. Lanier. 1999. Purification and characterization of proteinase from Atlantic Menhaden Muscle. *J. Food. Sci.* **64** (5): 772-775.
- Ciptanto, S. 2010. Top 10 ikan Air Tawar. Kanisius. Yogyakarta.131 hlm.
- Dabrowski, K and J. blogowski. 1977. Studies on the role of exogenous proteolytic enzymes in digestion processes in fish. *J.Hydro* **54** (2) : 129-134
- Deelder, C.L. 1981. Expose Cynoptique Des Donnes Biologigues Sur L Anguille. *Anguilla L.* 80 pp.
- Degani, G and Levanon, D. 1983. The influence of low density on food adaptation, cannibalism and growth of eels (*Anguilla anguilla*). Migal. Galilee Technological Center. Kiriati. Israel. 8 pp.
- De Nie, H.W. 1982. A Rate on the significanse of larger bivalva molluscas *Anadonta spp* and *Dreissena sp* in the food of the eel *Anguilla anguilla* in Tjeukemeer. *Hydrobiologia.* **16** (95) : 307-310
- Djauhariya, E. 2003. Mengkudu (*Morinda citrifolia*) tanaman obat potensial. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat perkembangan. *J.Tek.* **XV** (1): 32-38
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 57 hlm.
- Effendie, M. I. 1997. Biologi Perikanan. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta. 112 hlm.
- Farida, M. K. 2008. Mengkudu. <http://mkf-poenya.blog.friendster.com>. diakses pada tanggal 10 Januari 2012
- Fardiaz, S. 1992. Mikrobiologi pangan 1. Gramedia. Jakarta. 320 hlm.
- Fujaya, Y. 2004. Fisiologi Ikan (Dasar Pengembangan Teknik Perikanan). Rineka Cipta. Jakarta. 218 hlm.
- Febriani, M. 2003. Pemanfaatan fungi sebagai sumber protein nabati alternative untuk pertumbuhan dan konversi pakan juvenile ikan kerapu tikus. *J. Agri.* **11** (2): 52-56.
- _____. 2010. Penggunaan khamir laut sebagai biokatalisator dalam pembuatan silase daun mengkudu (*Morinda Citrifolia*) sebagai salah satu bahan alternative pakan ikan. Laporan Penelitian. Universitas Hangtuah. Surabaya.88 hlm.

- _____. 2011. Pembuatan silase daun mengkudu sebagai bahan pakan alternatif ikan sidat dengan *Lactobacillus plantarum* sebagai inokulan. Laporan Penelitian. Universitas Hang Tuah. Surabaya. 143 hlm.
- Forrest, D.M. 1976. Eel Capture, Culture Processing and Marketing. Fishing News (Books) Ltd. England. 205 pp.
- Handayani, S. 2006. Studi efisiensi pemanfaatan karbohidrat pakan bagi pertumbuhan ikan gurame (*Osphronemus gouramy* Lac) sejalan dengan perubahan enzim pencernaan dan Insulin. Institute Pertanian Bogor.
- Handajani, H. dan Wahyu, W. 2010. Nutrisi Ikan. UMM press. Malang. 271 hlm.
- _____. 2011. Optimalisasi substitusi tepung azolla terfermentasi pada pakan ikan untuk meningkatkan produktivitas ikan nila gift. *J.Tek.Ind* **12** (2) : 177-181
- Hariati, A.M. 1989. Makanan ikan. Nuffic/Unibraw/Luw/Fish. Fisheries Project. Malang. 152 hlm.
- Hepher, B.1988. Nutrition of pond fishes. Cambridge University press, Cambridge, New York. 388p.
- Heyne, K. 1987. Tumbuhan Berguna Indonesia. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta.312 hlm
- Holme, D.J and Peck, H. 1998. Analytical Biochemistry. Third edition. Addison Wesley Longman. New York.88 pp.
- Indriani, T dan Febriani, M 2008. Penggunaan tepung daun mengkudu sebagai pengganti tepung ikan dalam pakan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). Laporan Penelitian Universitas Hang Tuah. Surabaya. 93 hlm.
- Jangkaru, Z. 1974. Makanan ikan. Penebar Swadaya. Jakarta. 190 hlm.
- Jayadi. 2004. Aspek biologi dan fisiologi serta kebutuhan lingkungan dan larva ikan kerapu batik (*Ephinephelus microdon*), Program Pascasarjana Universitas Hasanuddin. Makassar. 105 p.
- Jellyman, D. J. 1995. Longevity of longfinned eels *Anguilla dieffenbachii* in a New Zealand high country lake. *J.Eco. Fres. Fish.* **3**: 106-112.
- Jenie, S.L., dan Shinta E Rini. 1995. Aktivitas antimikroba dari beberapa spesies *Lactobacillus* terhadap mikroba patogen dan perusak makanan. *J.Tek. Ind. Pgn.* **7** : 46-51.
- Jiang, S.T., Moody, M.W. and Chen, H.C., 1991. Purification and characterization of protease from digestive tract of Grass Shrimp. *J. Food. Sci.* **56** :322-326.

- Kordi, G dan Andi. 2007. Pengelolaan Kualitas Air Dalam Budidaya Perairan. PT Rineka Cipta. Jakarta. 75 hlm.
- Kosim, M dan Putra S.R. 2009. Pengaruh suhu pada protease dari *Bacillus subtilis*, Jurusan FMIPA ITS, Surabaya. Prosiding Skripsi 2009-2010, SK-091304, hlm : 1 – 7.
- Kurokawa., T. Suzuki, H. Ohta, H.Kagawa, H.Tanaka and T. Unuma. 2002. Expression of pancreatic enzyme genes during the early laval stage of Japanese eel *Anguilla japonica*. *J.Fish.Sci* **68** : 736-744
- Lehninger, A.L. 2000. Dasar-dasar Biokimia jilid 1. Erlangga. Jakarta. 147 hlm.
- Liewes, E. 1978. Eels. Bright Prospects For Farming In Europe. *J. Fish. Farm int.* **(5)** : 8-14
- McBride, S. 2004. The activity of digestive enzymes in larval grouper and live feed. In : Rimmer, M.A. et al., 2004. Advances in grouper aquaculture, Canberra. 41-46 pp.
- Molina, I. and Toldra, F., 1992. Detection of proteolytic activity in microorganism isolated from Dry Cured Ham. *J. Food. Sci.* Vol.57 **(6)**: 1308-1309
- Moran, S.,O. Horton and Rawn. 2000. Biochemistry by Publisher: Neil Patterson, Prentice Hall. England. 189 pp.
- Muchtadi, S., M. Astawan, dan Palupi. 1992. Enzim dalam Industri Pangan. Dirjen Dikti. PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.43 hlm.
- Mudjiman, A. 2004. Makanan ikan. Penebar Swadaya. Jakarta. 85 hlm.
- Mulyanto, 1992. Lingkungan Hidup Untuk Ikan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Jakarta. 52 hlm.
- Murray, R.K., D.K. Granner, P.A. Mayes and V.W Rodwell. 2003. Harper's Biochemistry 25th ed, Appleton and Lange, America.213 pp.
- Nafaji, M.F., Deobagkar, D. 2005. Potential application of protease isolated from *Pseudomonas aeruginosa* PD 100, *Electronic. J. Biotech.* **8** (2): 193-203
- Nugroho, K., Jacob, A., Agus, S. 2012. Kelayakan kualitas air tempat budidaya (*Anguilla bicolor*) di Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Tawar (BBPBAT) Sukabumi. [Http:// www. INFOKOM.com/html](http://www.INFOKOM.com/html). Diakses tanggal 16 Maret 2012.
- Palmier, T., 1991. Understanding Enzyme: Third edition. Ellis Haward. New York. p. 23-28.

- Purwanto, J. 2007. Pemeliharaan benih ikan sidat (*Anguilla bicolor*) dengan padat tebar yang berbeda. *Buletin Teknologi Akuakultur* **6** (2): 85-89.
- Robert, J. K. 1982. Intensive eel culture. Current status and future prospect. Informal Paper Presented at The International Symposium on Reproductive Physiology of Fish at Wageningen. Netherlands. p. 78-84
- Robyt, J. F and White, B.S. 1987. Biochemical Technic Theory and Practical. Kluwer Academic Publisher. New York.p.67-74.
- Roosdiana, K., Suharjono, R, Peranginangin., dan Murdinah, 2003. Isolasi dan karakterisasi *Bacillus sp* penghasil protease dari kulit ikan kakap merah (*Lutjanus Sanguensis*). *J.ilm. hay.* **12** (2) :11-22.
- Rostini, L. 2007. Peranan bakteri asam laktat (*Lactobacillus plantarum*) terhadap masa simpan fillet nila merah pada suhu rendah. Laporan Penelitian. Universitas Padjajaran. Bandung. 94 hlm
- Rovara, O. Setiawan. Dan Amarullah. 2007. Mengenal Sumberdaya Ikan Sidat. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta. 99 hlm.
- Sarwono, B. 1997. Budidaya Belut dan Sidat. Penebar Swadaya. Jakarta. 85 hlm.
- Sasongko, A. Purwanto, J. Mu'minah, S. Arie. 2007. Sidat: Panduan Agribisnis Penangkapan, Pendederan dan Pembesaran . Penebar swadaya. Jakarta.117 hlm.
- Sastrosupadi. 2000. Rancangan Percobaan Bidang Pertanian. Kanisius. Yogyakarta. 126 hlm.
- Seandy. 2010. Kelangsungan Hidup Ikan Lele. <http://www.seandy-laut-biru.blogspot.com>. Diakses pada tanggal 20 Desember 2011.
- Simonian, M.H. 2002. Spectrophotometric determination of protein concentration. John Willey & Sons. Inc. pp 23-32.
- Smith, D.M., D.M.A Bufford, S.J. Tabrett, S.J. Irvin and L. Ward., 2002. The effect of feeding frequency on water quality and growth of black tiger shrimp (*Penaeus monodon*). *J. Aquaculture.* **20** (7) : 125-136
- Spanhof, L. 1976. Study of the carbohydrate metabolism of the freshwater eel (*Anguilla anguilla*) and the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *J. ichtyol.*, **16** (1) : 165-167
- Subarijanti, Herawati.U. 2000. Pemupukan dan Kesuburan Perairan. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. 40 hlm.
- Suitha, M dan A, Suhaeri. 2008. Budidaya Sidat. Agromedia Pustaka. Jakarta. 44 hlm.

- Sulismuria.2008. Membuat Silase. [http:// sulismuria. blogspot.com/2011/02/ membuat silase.html](http://sulismuria.blogspot.com/2011/02/membuat-silase.html). Diakses pada tanggal 23 Maret 2012.
- Sumantha, A., Sandya, C., Szakacs., Soccol, C.R. and Pandey, A., 2005. Production and partial purification by fungal mixed substrate fermentation. *J. Food. Tech. Biotech.* 43 (4): 313-319.
- Sumarlin, La Ode. 2011. Aktivitas protease dari *Bacillus circulans* pada media pertumbuhan dengan pH tidak terkontrol. Prodi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Jakarta. 78 hlm.
- Susilo, A ., D. Purnamasari., D. Agustin., dan F. Lubis. 2005. *Efek penggunaan daun mengkudu yang difermentasi dan diensilase terhadap performans ayam broiler*. Thesis. Pascasarjana ilmu Ternak. IPB. 126 hlm.
- Svobodova, Z. B. Vyokusova dan J. Machova. 2006. Intoxications of fish. [http://: www.fao.org](http://www.fao.org). Diakses tanggal 23 Maret 2012
- Tesch, F.W. 1977. The Eel Biology and Management of *Anguillid eels* (Eds). Chapman and Hall. 435 pp
- Usui, S. 1974. Eel Culture. Fishing News. London. 186 pp.
- Waha, 2001. Sehat dengan Mengkudu. MSF Group. Jakarta. Indonesia.15 hlm
- West, B. 2009. Noni fruit juice and leaves are alkaline foods. Reseach and Development, Tahitian Noni International. *J. of Med. Food. Pla* 1 (2), pp 53-54
- Whitaker, J.R., 1994. Principles of Enzymology for the food Sciences. 2nd ed. Marcel Dekker. Inc. New York.145 pp.
- Wijayanti, I. 2008. Pengaruh substitusi tepung ikan dengan tepung daun mengkudu dalam pakan terhadap laju sintasan, pertumbuhan dan FCR ikan nila gift (*Oreochromis sp*). Skripsi. Jurusan Perikanan. Fakultas Teknik dan Ilmu Kelautan. Universitas Hang Tuah. 97 hlm.
- Winarno, F.G., S. Fardiaz, D. Fardiaz. 1980. Pengantar Teknologi Pangan. Gramedia . Jakarta
- _____. 1993. Enzim Pangan. Gramedia. Jakarta 143 hlm.
- Winarwi. 2006. Uji viabilitas bakteri dan aktivitas enzim bakteri proteolitik pada media Carrier Bekatul., Skripsi. Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.87 hlm.

- Wiyanto, R.H dan H. Rudi, 2007. *Pembenihan dan Pembesaran Gurami*. Penebar Swadaya. Jakarta. 80 hlm.
- Wong, D.W.S., 1995. *Food enzymer : Structure and Mechanism*. Chapman and Hall. New York.142 pp
- Word, O.P. 1985. Proteolytic enzymes. In : M. Moo-young Editor. *J. Comp. Biotech.* **3** : 789-818
- Zhang, Z and P. Perschbacher. 2003. Comparison of the zeolit sodium Chabazite and active chorcoal for amonia control in sealed container. *J.Asian. Fish.Sci* **16** : 141-145
- Zonneveld, N.E.A Huisman dan J.H Boon.1991. *Prinsip-Prinsip Budidaya Ikan*. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 128 hlm.

