



**KAJIAN FISILOGIS SISTEM PENCERNAAN PADA IKAN BREK TAWAR
(*Puntius orphoides*) DALAM UPAYA KONSERVASI DI KABUPATEN**

PASURUAN

TESIS



OLEH:

EZZAT MUHAMMAD AL JAWAD

NIM. 166080100011004

**PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
MINAT REPRODUKSI IKAN**

**MAGISTER BUDIDAYA PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

MALANG

2019

**KAJIAN FISILOGIS SISTEM PENCERNAAN PADA IKAN BREK TAWAR****(*Puntius orphoides*) DALAM UPAYA KONSERVASI DI KABUPATEN****PASURUAN****TESIS****Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Magister Perikanan
di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Universitas Brawijaya****OLEH:****EZZAT MUHAMMAD AL JAWAD****NIM. 166080100011004****PROGRAM STUDI BUDIDAYA PERAIRAN
MINAT REPRODUKSI IKAN****MAGISTER BUDIDAYA PERAIRAN PERAIRAN
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA****MALANG****2019**

Repository
Repository
pository
ory
ory

[illegible][illegible]



JUDUL TESIS

KAJIAN FISILOGIS SISTEM PENCERNAAN PADA IKAN BREK TAWAR (*Puntius orphoides*) DALAM UPAYA KONSERVASI DI KABUPATEN PASURUAN

Nama Mahasiswa : Ezzat Muhammad Al Jawad

NIM : 166080100011004

Program Studi : Budidaya Perairan

Minat Ilmu Studi : Reproduksi Ikan

Komisi Pembimbing

Pembimbing 1 : Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS

Pembimbing 2 : Dr. Ir. Mohammad Fadjjar, MSc.

Komisi Penguji

Dosen Penguji 1 : Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS

Dosen Penguji 2 : Wahyu Endra Kusuma, S. Pi, M. P, DSc.

Tanggal Ujian Kelayakan : 05 April 2019

Tanggal Seminar Proposal : 22 Mei 2019

Tanggal Seminar Hasil : 03 Desember 2019

Tanggal Ujian Tesis : 12 Desember 2019



PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri di bawah payung penelitian Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS dan Dr. Ir. M. Fadjar, M.Sc.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan laporan tesis ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 12 Desember 2019

Mahasiswa.


Zzat Muhammad Al Jawad
NIM. 166080100011004

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Ezzat Muhammad Al Jawad (Penulis) lahir di Surabaya pada tanggal 5 juli 1994. Anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Drs. Atiq Mohammad Romdlon, M.Ag dan Mutmainnah, S. Ag. Penulis Pertama kali menempuh pendidikan di TK Aisyiyah Bustanul Athfal 13 Surabaya, kemudian melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri Margorejo 1 Surabaya selama 6 tahun dan lulus pada tahun 2006.

Kemudian penulis melanjutkan pendidikan kejenjang sekolah menengah pertama yaitu SMPN 3 Peterongan Jombang selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2009.

Setelah lulus dari SMP, penulis melanjutkan pendidikan kejenjang sekolah menengah atas, yaitu SMA Khadijah Surabaya selama 3 tahun dan lulus pada tahun 2012.

Penulis berkesempatan untuk melanjutkan pendidikan ke Perguruan Tinggi Negeri. Penulis melanjutkan ke Universitas Brawijaya (UB), Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) Malang dan lulus pada tahun 2016 dan memperoleh gelar Sarjana Perikanan. Setelah lulus penulis langsung melanjutkan pendidikan S2 di Pasca Sarjana FPIK UB Malang.



UCAPAN TERIMA KASIH

Atas terselesaikannya laporan skripsi ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Allah SWT.
2. Buya Atiq, Ibu Iin, Mbak Kiki, Adek Rani selaku keluarga yang tiada hentinya memberikan bantuan moral dan moril, semangat dan doa untuk melakukan thesis ini.
3. Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS dan Dr. Ir. M. Fadjar, M. Sc. selaku dosen pembimbing dan penguji yang telah memberi dorongan, bimbingan serta arahan kepada penulis untuk menyelesaikan laporan thesis ini.
4. Anastania Balqis, S.A., M.A. yang telah memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.
5. Pak Udin dan Pak Ribut selaku laboran laboratorium budidaya ikan divisi reproduksi yang telah membantu, membimbing dan memberi semangat selama penelitian.
6. Wahyu Kurniallah, S. Pi, M. Si, Jefri Anjaini, S. Pi, MP, Rusmawanto, S. Pi, MP, Febi Nadhila S. Pi, MP selaku pembimbing pengganti yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.
7. Anastania Balqis, S.A, M.A, Rifqi Muhammap Permedi Dialulhaqq, S.M, Andina Priyandaning Asih selaku Dududers yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.
8. Wahyu Kurniallah S. Pi, M. Si, Januar Budiman S. Pi, Aulia Darmawan S. Pi, Annisa Farhana Dewi S. Pi, MP, Immaria Fransira S. Pi, MP, Sherly Anindya Putri S. Pi, Hartaningtyas Ajeng Ristari S. Pi, Nuraini Farida S.



Pi, Nurviana Wulandari S. Pi, Deeda Amalia Hidayati S. Pi, Tya Nur

Desviani S. Pi selaku Nero yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.

9. Adi Joni, Dimas Pokak, Doni MA, Farizal Mbah, Giok Gembel, Hafiz Ndoweh, Ibnu Ipin, Qori Tompel, Rifqi Cino, Rudy Mbek, Sendi Yala, Jabbar Bomi selaku Keluarga Gak Bahagia yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.

10. Amin Pace, Iqbal Kentung, Dwi Cupong, Radea Nyambek, Sonny Jodipan, Septian So, Bagas Keweh, Anging Suep, Hafiz Ndoweh, Alto, Bang Mufid, Revin Unyil, Galih Gobet, Rocky, Kak Rizal, Archam Koang selaku Dulurmu Malang yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.

11. Fandi Pokemon, Yadi Gundul, Fikri, Akmal selaku Teman Kontrakan yang telah memberi bantuan, dukungan dan semangat untuk menyelesaikan laporan.

12. Aquasean yang selalu memberikan bantuan dan semangat

13. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

RINGKASAN

Ezzat Muhammad Al Jawad. Kajian Fisiologis Sistem Pencernaan Pada Ikan Brek Tawar (*Puntius orphoides*) Dalam Upaya Konservasi Di Kabupaten Pasuruan. Di bawah bimbingan **Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS dan Dr. Ir. M. Fadjar, M.Sc.**

Ikan brek (*Puntius orphoides*) merupakan jenis ikan liar air tawar yang termasuk pada family Cyprinidae. Spesies ini dapat ditemukan pada sungai, danau dan waduk yang tersebar luas di Indocina Jawa, Kalimantan, Kepulauan Sunda, Sungai Klawing, Sungai Kranji, Sungai Pelus, Sungai Banjaran (Suryaningsih *et al.*, 2011) Sebagai upaya pelestarian dan pengembangan ikan brek (*P. orphoides*) adalah dengan melakukan domestikasi yaitu dengan kegiatan budidaya. Domestikasi ikan brek (*P. orphoides*) masih terbilang sangat langka (Herawati *et al.*, 2015).

Keberhasilan upaya domestikasi tak hanya memerlukan informasi aspek biologi reproduksi, namun juga informasi mengenai nutrisi ikan (Pramono dan Marnani, 2009). Nilai nutrisi dari suatu makanan bagi ikan bergantung pada sejauh mana ikan tersebut mampu dalam mencerna makanan yang masuk ke dalam tubuh. Daya cerna ikan adalah kemampuan ikan dalam mencerna makanan yang masuk kedalam tubuhnya (Handajani, 2011). Enzim sendiri adalah suatu biokatalisator yang memiliki fungsi dalam peningkatan kecepatan reaksi senyawa kimia pada proses biologis. Enzim yang dikenal luas penggunaannya dalam pencernaan adalah enzim protease, amilase dan lipase. Fungsi dari enzim – enzim tersebut adalah memecah senyawa makromolekul seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi senyawa yang lebih kecil dan memudahkan penyerapan ke dalam tubuh (Supriyatna *et al.*, 2015).

Upaya domestikasi dan kajian mengenai beberapa biologi reproduksi ikan brek (*P. orphoides*) telah dilakukan, namun kajian fisiologis mengenai sistem pencernaan berupa enzim seperti amilase, lipase dan protease pada ikan brek (*P. orphoides*) belum pernah dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui enzim amilase, lipase dan protease pada ikan brek (*P. orphoides*).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis gambaran kebiasaan makan ikan, menganalisis perbedaan kandungan enzim amilase, lipase dan protease serta untuk menganalisis gambaran histologi usus ikan sebagai penentu pola makan ikan brek. Penelitian ini dilaksanakan di Unit Pelaksana teknis Pengembangan Budidaya Air Tawar (UPT –PBAT) Umbulan Pasuruan untuk pengambilan sampel dan pengukuran kualitas air. Sedangkan untuk Penelitian Lanjutan dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya, Malang.

Penelitian ini menggunakan metode Deskriptif. Parameter utama dalam penelitian adalah menganalisis gambaran kebiasaan makan ikan, menganalisis perbedaan kandungan enzim amilase, lipase dan protease serta menganalisis gambaran histologi usus ikan brek (*P. orphoides*), sedangkan parameter penunjang dalam penelitian ini adalah kelimpahan plankton perairan dan parameter kualitas air (pH, suhu, salinitas, DO).

Hasil parameter utama mengenai isi lambung ikan, uji jumlah enzim dan histologi usus ikan yaitu: isi lambung ikan brek memiliki persentase 90% fitoplankton dan 10% zooplankton dengan dominasi genus *nitzschia* sp. Sebesar



44,473% sebagai makanan utamanya. Hasil uji enzim lambung ikan brek didapatkan hasil pada enzim amilase tertinggi sebesar 885 U/ml, enzim protease tertinggi sebesar 72,67 U/ml dan untuk enzim lipase tertinggi sebesar 11,5 U/ml. Hasil uji histologi usus ikan brek didapatkan hasil vili usus terpanjang 607,46 μm dan terpendek 105,36 μm , untuk vili terlebar didapatkan hasil 101,24 μm dan tersempit 34,61 μm .

Hasil parameter penunjang mengenai kelimpahan plankton perairan dan parameter kualitas air yaitu: kelimpahan plankton perairan didapatkan 18 genus fitoplankton dan 2 genus zooplankton. Fitoplankton terdiri dari 4 kelas (Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta dan Dinophyta). Zooplankton terdiri dari 2 kelas (Arthropoda dan Rotifera). Kelimpahan plankton tertinggi yaitu 207 ind/L dari kelas Bacillariophyta dengan genus yang paling banyak ditemukan adalah *nitzschia*. Hasil parameter kualitas air yang diukur yaitu suhu, pH dan DO (Oksigen terlarut). Suhu perairan didapatkan hasil 22-24°C, untuk pH didapatkan hasil 7,8-8,2 dan untuk nilai DO didapatkan hasil 4-7 mg/L.

Dari data hasil diatas dapat disimpulkan bahwa ikan brek yang diuji dapat digolongkan kedalam ikan herbivora. Hal ini dikarenakan 1) isi lambung ikan brek memiliki isi 90% fitoplankton, 2) jumlah enzim amilase memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan enzim protease dan enzim lipase yang berarti ikan brek mengkonsumsi banyak karbohidrat, 3) uji histologi panjang dan lebar vili usus ikan termasuk kedalam golongan herbivora dikarenakan panjang vili usus ikan herbivora rata-rata 223,69-619,97 μm .

Kata Kunci : Ikan Brek, Kebiasaan Makan, Enzim, Histologi



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT rahmat, karunia dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tesis yang berjudul **KAJIAN FISIOLOGIS SISTEM PENCERNAAN PADA IKAN BREK TAWAR (*Puntius orphoides*) DALAM UPAYA KONSERVASI DI KABUPATEN PASURUAN**

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tesis ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan laporan ini. Penulis berharap semoga Laporan Tesis ini dapat bermanfaat, memberikan informasi dan menambah wawasan serta meningkatkan IPTEK.

Malang, 12 Desember 2019,

Penulis



GLOSARIUM

A

Abdomen = Bagian dari tubuh antara toraks dan pelvis

Absorpsi = Penyerapan suatu zat oleh zat lain

Amilum = Karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air

Anatomi = Mempelajari struktur hewan

B

Bentik = Bagian terendah atau dasar dari suatu perairan

Biosintesis = Suatu proses substrat enzim diubah menjadi produk kompleks

Bioteknologi = Ilmu yang mempelajari pemanfaatan makhluk hidup

C

Cecum = Usus buntu ikan

Crustacea = Udang-udangan atau kelompok besar dari arthropoda

Cyprinidae = Family besar ikan air tawar dan kerabatnya

D

Deaminasi = Suatu reaksi kimiawi pada metabolisme yang melepaskan gugus amina dari molekul senyawa asam amino

Degenerasi = Suatu perubahan keadaan secara fisika dan kimia dalam sel, jaringan dan organ

Dekstrin = Karbohidrat yang dibentuk selama hidrolisis pati menjadi gula oleh panas

Dekomposisi = Perubahan makhluk hidup yang mati oleh dekomposer

Detritus = Hasil dari penguraian sampah atau tumbuhan dan binatang yang telah mati

Duodenum = Usus 12 jari yang terletak setelah lambung

E

Ekskresi = Proses pembuangan sisa metabolisme

Eksopeptida = Pemotongan bagian ujung amino atau karboksil dari suatu ikatan peptida

Eksositosis = Mekanisme transport molekul besar melintasi membrane plasma dari dalam ke luar sel

Endopeptidase = Pemotongan bagian tengah suatu rantai polipeptida

Eosinofil Granular Mukosa = Sel darah putih yang berperan dalam system kekebalan

Epitel = Sel yang berfungsi sebagai pertahanan dari tubuh pertama kali

Epitelium = Jaringan biologis yang terdiri dari banyak sel yang membentuk rongga-rongga terstruktur

Eurytermal = Hewan yang dapat beradaptasi pada perbedaan suhu

F

Fragmentasi = Organisme multiseluler dimana organisme memecah diri menjadi fragmen

G

Gastrointestinal = Pendarahan yang terjadi di saluran pencernaan

Gizzard = Lambung yang ada pada ikan herbivora

Glikogen = Salah satu jenis polisakarida simpanan dalam tubuh hewan

Gliserol = Senyawa gliserida yang paling sederhana

Golgi = Organel yang dikaitkan dengan fungsi ekskresi sel

H

Hematoxylin Eosin = Zat warna yang digunakan untuk mewarnai jaringan



Hemoglobin = Pengangkut oksigen dari paru-paru ke seluruh tubuh

Hidrolisis = Reaksi kimia yang memecah air menjadi kation hydrogen dan anion hidroksida

Hydrolase Glikosida = Ikatan antar molekul glukosa

Ileum = Usus penyerapan pada ikan

Impregnasi = Suatu penelitian yang berbeda dengan penelitian yang lain

Index of Propenderance = Persentase bobot satu jenis makanan

Insekta = Serangga

Intensitas = Tingkatan atau ukuran

Intestine = Usus halus pada ikan

Intestinum Crosium = Usus besar pada ikan

Intestinum Tenue = Usus halus pada ikan

Invertebrate = Hewan yang tidak memiliki tulang belakang

Isolasi = Sesuatu yang terpisah dan tidak terhubung ke hal-hal lain

Jejunum = Usus yang kosong pada ikan

Katalis = Suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu

Kolon = Usus besar yang berada antara usus buntu dan rektum

Kompleksitas = Suatu indicator antarhubungan didalam suatu proyek

Komposisi = Bahan yang digunakan untuk subyek

Konversi = Proses perubahan dari satu system ke system lainnya

Lamina Propia = Lapisan tipis yang terletak dibawah epitel

Limfosit = Salah satu jenis sel darah putih

Linea Lateralis = Gurat sisi pada ikan

Lipid = Kelompok molekul alami

Makromolekul = Molekul yang sangat besar

Makronutrien = Zat makanan yang dibutuhkan dalam jumlah yang banyak oleh tubuh

Makrozoobenthos = Organisme yang mendiami dasar perairan laut

Maltose = Anggota kedua dari sesi biokimia penting dari rantai glukosa

Metabolisme = Semua reaksi kimia yang terjadi di dalam organisme

Mikroanatomi = Nama lain untuk uji histologi

Mikrovili = Bagian dari sel untuk menambah luas permukaan sel

Molekul = Gugusan yang tersusun dari 2 atau lebih atom yang saling berkaitan

Monogliserol = Jenis lain dari monogliserida

Morfologi = Ilmu yang mempelajari tentang bentuk organisme

Morfometrik = Ilmu yang mempelajari tentang perubahan bentuk organisme

Mukosa = Lapisan kulit dalam yang tertutup pada epitelium

Musukularismukosa = Berfungsi membantu gerakan mukosa

Operculum = Tutup pelindung pada insang ikan

Ovarium = Indung telur pada hewan betina

Pankreas = Organ penghasil enzim

Patogen = Agen biologis yang menyebabkan penyakit pada inangnya

Pelagis = Ikan yang hidupnya di permukaan 0-200 meter

Pepsin = Enzim pemecah protein menjadi peptida

Peptid = Molekul yang terbentuk dari 2 atau lebih asam amino



Periphyton = Kumpulan jasad renik hewan maupun tumbuhan yang hidup menetap di sekitar epifiton dalam perairan tawar

Phylorus = Saluran yang membawa makanan dari lambung ke duodenum

Progesteron = Hormon yang hanya ada pada hewan betina

Pyloric Caeca = Organ pencernaan yang menghasilkan enzim untuk membantu pencernaan pada ikan

R

Rektrum = Organ terakhir dari usus besar yang berakhir di anus

S

Serosa = Cairan yang diproduksi oleh kelenjar eksokrin

Sikloid = Sisik pada ikan yang lembut

Sitoplasma = Bagian sel yang terbungkus membrane sel

Stenothermal = Hewan yang dapat beradaptasi pada suhu yang sempit

Stratum Kompaktum = Lapisan yang dilapisi oleh sel-sel epitel

Stripping = Proses pengurutan bagian perut ikan

Submukosa = Lapisan jaringan di bawah mukosa

Supernatan = Substansi hasil sentrifugasi yang memiliki bobot jenis lebih rendah

T

Testis = Kelenjar kelamin jantan pada hewan

Testosteron = Hormon yang hanya ada pada hewan jantan

Tirosin = Salah satu dari 20 asam amino penyusun protein

Titration = Metode kimia untuk menentukan konsentrasi suatu larutan

Toksik = Zat beracun yang diproduksi di dalam sel atau organisme hidup

Transversal = Potongan yang melintang

Triasilgliserol = Sebuah gliserida, yaitu ester dan gliserol dari tiga asam lemak

Trigliserida = Salah satu jenis lemak yang banyak ditemukan di dalam darah

Tunika Mukosa = Terbentuk dari epitel, berbagai kelenjar dan jaringan penunjang

U

Ulcerasi = Suatu proses luka (putusnya epitelium)

V

Vertebrate = Semua hewan yang memiliki tulang belakang

Vertoralis = Salah satu sirip yang ada pada ikan

Vili = Jaringan yang tertanam dalam endometrium

Z

Zoogeografi = Ilmu yang mempelajari penyebaran spesies hewan di bumi



DAFTAR ISI

Halaman

IDENTITAS TIM PENGUJI.....	iii
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iv
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vi
UCAPAN TERIMA KASIH.....	vii
RINGKASAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
GLOSARIUM.....	xii
DAFTAR ISI.....	xvi
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR LAMPIRAN.....	xx
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Biologi Ikan Brek (<i>Puntius orphoides</i>).....	4
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi.....	4
2.1.2 Habitat dan Penyebaran.....	5
2.1.3 Makanan dan Kebiasaan Makan.....	6
2.1.4 Kebutuhan Nutrisi.....	7
2.1.5 Sistem Pencernaan.....	9
2.1.5.1 Herbivora.....	9
2.1.5.2 Karnivora.....	9
2.1.5.3 Omnivora.....	10
2.1.6 Enzim Pencernaan Ikan.....	11
2.2 Alur Makanan.....	12
2.3 Usus.....	15
2.4 Enzim.....	15
2.4.1 Enzim Amilase.....	16
2.4.2 Enzim Lipase.....	16
2.4.3 Enzim Protease.....	17
2.5 Sel Penghasil Enzim.....	17
2.6 Histologi.....	19



2.7 Kualitas Air.....	20
2.7.1 Suhu.....	20
2.7.2 pH.....	21
2.7.3 Oksigen Terlarut.....	22

3. KERANGKA KONSEP PENELITIAN.....24

3.1 Landasan Teori.....	24
3.2 Kerangka Konsep.....	25
3.3 Kerangka Operasional.....	27
3.3.1 Kerangka Operasional Tahap 1.....	27
3.3.2 Kerangka Operasional Tahap 2.....	28
3.3.3 Kerangka Operasional Tahap 3.....	30
3.4 Hipotesis.....	31
3.5 Publikasi.....	31
3.6 Penelitian Terdahulu.....	32

4. METODE PENELITIAN.....34

4.1 Alat dan Bahan Penelitian.....	34
4.1.1 Alat Penelitian.....	34
4.1.2 Bahan Penelitian.....	34
4.2 Metode Penelitian.....	35
4.3 Parameter Yang Diamati.....	35
4.3.1 Parameter Utama.....	35
4.3.2 Parameter Penunjang.....	35
4.4 Prosedur Penelitian.....	36
4.4.1 Penentuan Lokasi.....	36
4.4.2 Pengambilan Sampel.....	36
4.4.3 Pengukuran Kualitas Air.....	36
4.4.4 Pembedahan Ikan.....	37
4.4.5 <i>Index of Propenderance</i>	37
4.4.6 Enzim.....	38
4.4.6.1 Enzim Amilase.....	39
4.4.6.2 Enzim Lipase.....	39
4.4.6.3 Enzim Protease.....	40
4.4.7 Uji Histologi.....	41
4.4.8 Parameter Penunjang.....	43
4.4.8.1 Kelimpahan Plankton Perairan.....	43
4.4.8.2 Parameter Kualitas Air.....	44
4.5 Analisis Data.....	45

5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....46

5.1 Morfologi dan Morfometri Ikan Brek (<i>Puntius orphoides</i>).....	46
5.2 Pembedahan Ikan.....	47
5.3 Identifikasi Plankton.....	48
5.4 Persentase Bobot Satu Jenis Makanan.....	49
5.5 Uji Enzim.....	50
5.5.1 Enzim Amilase.....	50
5.5.2 Enzim Protease.....	51
5.5.3 Enzim Lipase.....	52
5.5.4 Pembahasan Enzim.....	53
5.6 Histologi Usus.....	55
5.7 kelimpahan Plankton Perairan.....	57
5.8 Parameter Kualitas Air.....	58

5.8.1 Suhu.....	58
5.8.2 Derajat Keasaman (pH).....	59
5.8.3 Oksigen Terlarut (DO).....	59
6. KESIMPULAN DAN SARAN.....	60
6.1 Kesimpulan.....	60
6.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ikan Brek (<i>Puntius orphoides</i>) (Kottelat et al., 1993)	5
2. Tipe Lambung dan Usus Ikan (Rahmawati et al., 2017)	11
3. Histologi Normal Usus Ikan Mas Perbesaran 40 X (Irianto, 2005)	20
4. Kerangka Konsep Penelitian	26
5. Kerangka Operasional Penelitian Tahap 1	28
6. Kerangka Operasional Penelitian Tahap 2	29
7. Kerangka Operasional Penelitian Tahap 3	30
8. Morfologi Ikan Brek	46
9. Pembedahan Ikan	48
10. Gambaran Histologi Usus Ikan Brek	55



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Publikasi	31
2. Penelitian Terdahulu	32
3. Isi lambung Ikan Brek (<i>Puntius orphoides</i>)	48
4. Persentase Jenis Makanan	49
5. Enzim Amilase (U/mL)	51
6. Enzim Protease (U/mL)	52
7. Enzim Lipase (U/mL)	53
8. Kelimpahan Genus dan Kelas Plankton	57



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Alat-alat Penelitian.....	71
2. Bahan-bahan Penelitian.....	76
3. Morfometrik Panjang dan Berat Ikan Brek.....	79
4. Klasifikasi Plankton.....	80
5. <i>Index of propenderance</i>	87
6. Enzim Amilase.....	88
7. Enzim Protease.....	89
8. Enzim Lipase.....	90
9. Gambar Histologi Vili Usus.....	91
10. Kelimpahan Plankton Perairan.....	95



1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan brek (*Puntius orphoides*) merupakan jenis ikan liar air tawar yang termasuk pada famili Cyprinidae. Spesies ini dapat ditemukan pada sungai, danau dan waduk yang tersebar luas di Indocina Jawa, Kalimantan, Kepulauan Sunda, Sungai Klawing, Sungai Kranji, Sungai Pelus, Sungai Banjaran (Suryaningsih *et al.*, 2011). Sebagai upaya pelestarian dan pengembangan ikan brek (*P. orphoides*) adalah dengan melakukan domestikasi yaitu dengan kegiatan budidaya. Domestikasi ikan brek (*P. orphoides*) masih terbilang sangat langka (Herawati *et al.*, 2015).

Keberhasilan upaya domestikasi tak hanya memerlukan informasi aspek biologi reproduksi, namun juga informasi mengenai nutrisi ikan (Pramono dan Marnani, 2009). Daya cerna ikan adalah kemampuan ikan dalam mencerna makanan yang masuk kedalam tubuhnya. Nilai nutrisi dari suatu makanan bagi ikan bergantung pada sejauh mana ikan tersebut mampu dalam mencerna makanan yang masuk ke dalam tubuh (Handajani, 2011). Enzim sendiri adalah suatu biokatalisator yang memiliki fungsi dalam peningkatan kecepatan reaksi senyawa kimia pada proses biologis. Enzim yang dikenal luas penggunaannya dalam pencernaan adalah enzim protease, amilase dan lipase. Fungsi dari enzim – enzim tersebut adalah memecah senyawa makromolekul seperti karbohidrat, lemak dan protein menjadi senyawa yang lebih kecil dan memudahkan penyerapan ke dalam tubuh (Supriyatna *et al.*, 2015).

Upaya domestikasi dan kajian mengenai beberapa biologi reproduksi ikan brek (*P. orphoides*) telah dilakukan, namun kajian fisiologis mengenai sistem pencernaan berupa enzim seperti amilase, lipase dan protease pada ikan brek (*P. orphoides*) belum pernah dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk



mengetahui kebiasaan makan ikan, uji enzim amilase, lipase dan protease serta mengetahui gambaran histologi jaringan usus pada ikan brek (*P. orphoides*) sebagai penentu pola makan ikan.

1.2 Rumusan Masalah

Ikan brek (*P. orphoides*) merupakan ikan liar yang sedang dilakukan pengupayaan domestikasi. Budidaya merupakan solusi yang tepat sebagai salah satu upaya untuk melestarikan dan menjaga eksistensi ikan ini. Akan tetapi, pada saat ini data penelitian yang mengarah pada pembudidayaan brek (*P. orphoides*) belum banyak. Perlu adanya informasi mengenai data sistem fisiologis pencernaan ikan brek. Oleh karena itu, perlu adanya inventarisasi data mengenai data kebiasaan makan, kandungan enzim amilase, lipase dan protease serta gambaran histologi jaringan usus.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimanakah gambaran kebiasaan makan ikan brek (*P. orphoides*) ?
2. Adakah perbedaan jumlah kandungan enzim amilase, lipase dan protease yang terdapat pada ikan brek (*P. orphoides*) ?
3. Bagaimanakah gambaran histologi usus ikan brek (*P. orphoides*) ?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Untuk menganalisis gambaran kebiasaan makan ikan brek (*P. orphoides*).
2. Untuk menganalisis perbedaan jumlah kandungan enzim amilase, lipase dan protease yang terdapat pada ikan brek (*P. orphoides*).
3. Untuk menganalisis gambaran histologi usus ikan brek (*P. orphoides*).



1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai kebaruan informasi mengenai pola makan ikan brek berdasarkan identifikasi plankton, jumlah kandungan enzim amilase, lipase dan protease serta gambaran histologi jaringan usus dari ikan brek (*P. orphoides*) yang diharapkan dapat menjadi acuan dalam kebutuhan usaha domestikasi pada ikan brek (*P. orphoides*).



2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Brek (*Puntius orphoides*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi ikan brek menurut Weber dan de Beaufort (1916), Kottelat *et al.* (1993), dan Nelson (2006) adalah:

Kingdom : Animalia

Filum : Chordata

Kelas : Actinopterygii

Sub kelas : Neopterygii

Ordo : Cypriniformes

Famili : Cyprinidae

Genus : *Puntius*

Spesies : *Puntius orphoides* (Cuvier dan Valenciennes 1842)

Nama daerah : brek (Jawa), lalawak (Jawa Barat), salap merah (Kalimantan) dan lima dari genus anggota paling banyak di kawasan tropis Asia. Jumlah anggota genus *Puntius* mencapai 33 spesies di perairan Indonesia (Haryono 2001).

Ciri morfologis ikan brek ditandai dengan bentuk tubuh ikan brek yaitu memiliki bentuk yang pipih, kemudian memiliki gurat sisi yang sempurna; jari-jari terakhir sirip punggung yang tidak bercabang mengeras dan bergerigi sekitar 20 rigi; linea lateralis 28-31 sisik; 6 ½ sisik antara awal sirip punggung dan gurat sisi; 16 sisik yang melingkari batang ekor; 3 ½ sisik antara awal sirip perut dan gurat sisi; lebar batang ekor 1,3-1,5 kali lebih kecil daripada panjang kepala; kemudian ikan brek memiliki empat sungut yang lebih panjang atau sama panjang dengan diameter mata (Weber dan de Beaufort 1916; Roberts 1989; dan Kottelat *et al.* 1993). Ciri lain yang menonjol adalah sirip perut dan sirip anal yang memiliki warna jingga (**Gambar 1**).



Gambar 1. Ikan Brek (*Puntius orphoides*) (Kottelat et al., 1993)

2.1.2 Habitat dan Penyebaran

Distribusi ekologis ikan adalah penyebaran suatu jenis ikan yang erat kaitannya dengan faktor lingkungan. Secara ekologis ikan dapat dikelompokkan dalam beberapa cara: 1) berdasarkan toleransi terhadap lingkungan; toleransi yang sempit (*steno*) atau luas (*eury*), seperti stenotermal dan *eurytermal* (suhu) dan 2) berdasarkan lokasi di ekosistem perairan, misalnya: ikan bentik (ikan penghuni dasar perairan), ikan pelagis (ikan yang hidup di permukaan dan kolom air). Selanjutnya penyebaran juga dipengaruhi oleh beberapa faktor lingkungan, seperti suhu, kedalaman air, cahaya, pH, oksigen terlarut dan makanan. Faktor lingkungan juga merangsang terjadinya proses-proses di dalam tubuh ikan diantaranya seperti sekresi hormon (Effendie 1997).

Cyprinidae merupakan salah satu suku ikan air tawar yang termasuk ke dalam divisi primer karena tidak toleran terhadap air laut sehingga dapat dijadikan sebagai petunjuk mengenai perkembangan zoogeografi (Berra 2001). Salah satu anggota suku Cyprinidae adalah ikan brek dengan distribusi geografis yang luas meliputi Jawa, Kalimantan, Malaya, Kamboja, Thailand, dan Vietnam (Kottelat et al. 1993). Penyebaran ikan brek di pulau Jawa antara lain Jakarta, Cibitung, Bogor, Ciampea, Kuningan, Banyumas, Ngawi, Surabaya, dan Kediri (Weber dan de Beaufort 1916). Ikan ini terdapat pula di sungai sekitar Waduk Gajah Mungkur



Wonogiri (Utomo *et al.* 2008). Penyebaran ikan brek di Sumatera sampai saat ini belum diketahui (Roberts 1989).

Ikan brek ditemukan di berbagai ketinggian tempat yang berkaitan dengan perbedaan suhu (Haryono, 2006). Keberadaan ikan brek di kawasan hulu Sungai Serayu dengan segmentasi yang dipisahkan oleh Waduk belum diketahui pola sebaran dan pertumbuhannya. Menurut Little dan Poff (2004) bahwa banjir dan kekeringan merupakan karakter alami dari ekosistem perairan mengalir; jika di suatu sungai dibangun bendungan maka akan mempengaruhi pola arus yang berdampak pada organisme melalui adaptasi dalam bentuk morfologi, siklus hidup, dan perilaku.

2.1.3 Makanan dan Kebiasaan Makan

Ikan brek merupakan ikan omnivora, namun di beberapa tempat lainnya cenderung herbivora. Perbedaan tempat mempengaruhi faktor kualitas airnya sehingga dapat membedakan pola kebiasaan makan dari ikan brek. Menurut Sutardja (1980) menyatakan bahwa berdasarkan jenis makanannya ikan brek di Waduk Jatiluhur bersifat omnivora. Hasil analisis isi lambungnya menunjukkan bahwa makanan ikan brek terdiri atas detritus, bagian tumbuhan, insekta, Crustacea, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Myxophyceae, dan Protozoa. Selanjutnya Sriati (1987) melaporkan bahwa makanan ikan brek di Bendung Curug Karawang terdiri atas tujuh kelompok, yaitu detritus 46,75%, tumbuhan 3,16%, pasir 0,01%, serangga 2,43%, makrozoobenthos 0,02%, zooplankton 0,01% dan periphyton 46,92%. Ikan brek di Sungai Cimanuk Sumedang termasuk omnivora yang makanannya terdiri atas kelas Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Rotifera, Protozoa, Crustaceae, detritus, dan jenis makanan yang tidak teridentifikasi. Makanan ikan brek di kawasan Danau Sentarum adalah tumbuhan dan insekta (Kotellat dan Widjanarti 2005).



2.1.4 Kebutuhan Nutrisi

Kebutuhan nutrisi ikan berbeda dan sering berubah-ubah, hal ini akan dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti, jenis ikan, ukuran, lingkungan dan musim (Afrianto dan Liviawaty 2005). Nutrien utama yang dibutuhkan yaitu protein, lemak dan karbohidrat sebagai bahan penting penyusun tubuh dan sumber energi, sedangkan vitamin dan mineral memiliki fungsi antara lain sebagai koenzim pada proses-proses metabolisme (Goddard 1996). Protein penting untuk fungsi jaringan yang normal, untuk pertahanan, perbaikan protein tubuh ikan dan untuk pertumbuhan (Watanabe dan Cho 1988).

Protein tidak hanya sebagai penyusun utama dalam tubuh ikan, tetapi juga berperan penting sebagai enzim dan hormon-hormon yang menunjang metabolismenya. Pemanfaatan protein sangat beragam di antara spesies ikan, bergantung pada sumber energi non-protein makanan karena kemampuan ikan dalam memanfaatkan lemak atau karbohidrat makanan juga berbeda untuk tiap spesies (Lee dan Lee 2004). Tacon dan Cowey (2001) menyatakan bahwa, kandungan protein pakan yang optimum dibutuhkan akan menghasilkan pertumbuhan yang optimum pula. Beberapa penelitian telah mencoba menentukan kebutuhan protein ikan komersil, dan memperkirakan bahwa kebutuhan protein pakan sekitar 30% hingga 55%. Dan diduga bahwa penurunan berat tubuh saat Aktivitas protein di atas optimum adalah karena penurunan dalam ketersediaan energi pakan untuk pertumbuhan ikan yang disebabkan energi non-protein yang tidak mencukupi yang penting untuk proses deaminasi kelebihan asam amino yang telah terserap (Lee et al. 2002).

Karbohidrat adalah sumber energi yang paling murah dan mudah didapatkan untuk komposisi makanan ikan (Furuichi 1988). Sumber karbohidrat yang berkualitas baik menjadi sangat penting sebab akan berfungsi sebagai energi non-protein, sehingga akan sedikit protein yang digunakan sebagai sumber energi dan



sebaliknya akan digunakan untuk pertumbuhannya. Selain itu, menurut Craig dan Helfrich (2002), bahwa meskipun sebagai bahan non-protein, karbohidrat dalam pakan dapat mengurangi biaya produksi pakan, selain itu dapat berfungsi sebagai peningkatan konversi pakan (Afrianto dan Liviawaty 2005). Ikan umumnya lebih efisien dalam mencerna dan memanfaatkan protein dan lemak, tetapi dalam memanfaatkan karbohidrat sangat bervariasi bergantung pada kompleksitas karbohidratnya (Yamamoto *et al.* 2001). Menurut Mokoginta *et al.* (1999), bahwa hal tersebut disebabkan karena aktivitas dari enzim amilase yang berbeda untuk tiap spesies ikan dan biasanya ikan karnivora lebih terbatas dalam memanfaatkan karbohidrat daripada ikan omnivora dan herbivora. Ikan karnivora memiliki aktivitas enzim protease yang lebih tinggi. Hal tersebut dikarenakan makanan utama ikan karnivora berupa daging yang mengandung banyak protein.

Lemak adalah salah satu makronutrien dengan kandungan energi yang tinggi yang dapat dimanfaatkan sebagai protein dalam makanan ikan (Craig dan Helfrich 2002), selain itu menurut Furuichi (1988) menyatakan bahwa lemak juga dapat dimanfaatkan untuk membangun struktur sel. Lemak dapat menghasilkan energi yang lebih besar dibandingkan dengan protein dan karbohidrat (Subamia *et al.* 2003). Namun, Aktivitas lemak yang tinggi akan menyebabkan penyimpanan lemak pada tubuh, penurunan konsumsi pakan dan pertumbuhan serta degenerasi hati sehingga mengakibatkan penurunan kualitas dagingnya (Suhenda *et al.* 2003). Sebaliknya, jika energi dari lemak mencukupi, maka energi dari protein dapat digunakan untuk pertumbuhannya (Subamia *et al.* 2003). Pernyataan ini didukung penelitian Erfanullah dan Jafri (1998) menyatakan bahwa rasio karbohidrat atau lemak pakan 27/8 yaitu 27% karbohidrat dan 8% lemak. Hal ini dapat memberikan penambahan berat, konversi pakan, retensi nutrisi dan komposisi tubuh yang optimal, dibandingkan dengan pemberian rasio 0,02 (KH 0,44% dan lemak 19,95%) yang memberikan pertumbuhan terendah.



2.1.5 Sistem Pencernaan

2.1.5.1 Herbivora

Ikan herbivora merupakan jenis ikan pemakan tumbuhan. Ikan herbivora tidak mempunyai gigi tetapi memiliki tapis insang yang lembut sehingga ikan herbivora tidak mempunyai kemampuan untuk memakan dan mencerna material lain selain tumbuhan. Ikan ini harus dapat mengekstraksi nutrisi melalui ususnya yang panjang dan berliku-liku karena tidak mempunyai lambung yang sebenarnya (**Gambar 2c**). Oleh karena itu, usus ikan berfungsi sebagai penahan makanan dalam jumlah besar dalam waktu yang lama untuk mendapatkan nutrisi dan makanan tersebut (Effendie, 2002).

Panjang usus ikan sangat bervariasi serta berhubungan erat dengan kebiasaan makanannya. Jenis ikan herbivora memiliki panjang usus beberapa kali lipat dari panjang total tubuhnya sehingga posisi usus dalam perut ikan melingkar-lingkar. Keadaan usus yang panjang ini merupakan kompensasi terhadap jenis makanan yang dimakan, dimana ikan herbivora merupakan pemakan tumbuhan yang mengandung serat sehingga sulit dicerna oleh usus dan memerlukan waktu yang lama (Handayani dan Wahyu, 2010).

2.1.5.2 Karnivora

Ikan karnivora disebut juga ikan pemakan daging atau ikan pemangsa seringkali ditemukan memiliki gigi yang tajam untuk merobek mangsanya. Ikan karnivora memiliki tapis insang berukuran besar dengan jumlah yang sedikit. Tapis insang ini berfungsi menghalangi makanan yang dimakan keluar melalui insang. Pada beberapa jenis ikan karnivora di bagian sub mukosa lambungnya terdapat *stratum kompakum* yang berfungsi sebagai pelindung, penyokong dan penguat lapisan di atasnya. Umumnya ikan karnivora memiliki usus lebih pendek dari pada panjang total tubuhnya (Rahardjo et al., 2011).

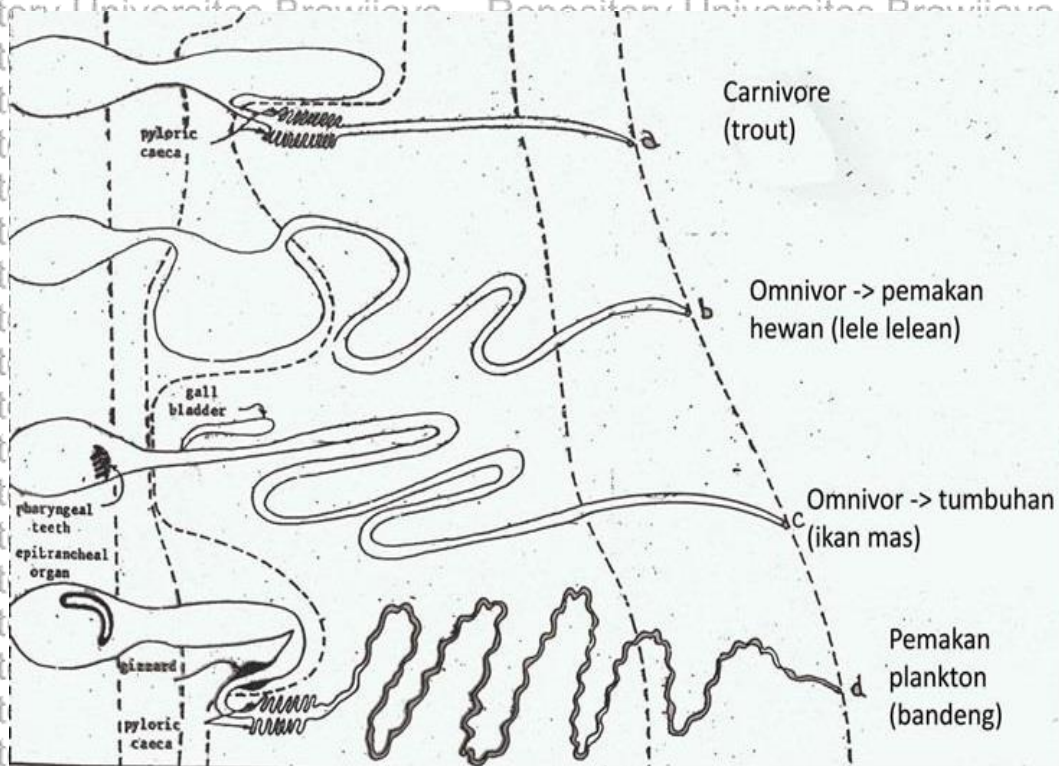
Bentuk lambung dan panjang usus ikan dapat dijadikan sebagai indikasi dari kebiasaan makanannya. Jenis ikan karnivora memiliki usus sama atau lebih pendek dari panjang total tubuhnya dan memiliki usus sama atau lebih pendek dari panjang total tubuhnya dan memiliki lambung sejati yang memanjang dan membesar serta berdinding tebal (**Gambar 2a**). Lambung ini berfungsi sebagai tempat penampung makanan dalam jumlah besar dan waktu yang lama. Makanan yang berupa daging sangat mudah dicerna dalam lambung sehingga usus hanya berfungsi sebagai tempat penyerapan nutrisi makanan tersebut (Weichert, 1959).

2.1.5.3 Omnivora

Jenis ikan yang bahan makanan berasal dari binatang dan tumbuhan digolongkan ke dalam kelompok omnivora karena ikan jenis ini memiliki bentuk sistem pencernaan gabungan antara herbivora dan karnivora. Golongan ikan omnivora memiliki panjang usus 1-1,5 kali panjang total tubuhnya. Secara umum bentuk alat pencernaan makanan pada ikan omnivora berbeda-beda tergantung jenis makanan yang mendominasinya. Ikan yang didominasi oleh tumbuhan memiliki bentuk lambung yang relatif lebih kecil dengan usus yang agak panjang. Dominasi makanan dari jenis invertebrate berukuran besar memiliki lambung yang lebih besar menyerupai kantung dengan usus yang lebih pendek (Effendie, 2002).

Ikan omnivora memiliki lambung berbentuk seperti kantung sebagai penampung makanan (**Gambar 2b**). Pada beberapa jenis ikan lambung tersebut mengalami modifikasi menjadi gizzard yang berfungsi sebagai tempat menggiling makanan seperti yang terdapat pada ikan belanak. Pada bagian depan terdapat *pyloric caeca* yang berfungsi sebagai pengatur dalam pengeluaran makanan dari lambung dan masuk ke usus. Ikan jenis omnivora memiliki usus yang lebih pendek dari herbivora tetapi lebih panjang dari ukuran tubuhnya. Ikan omnivora memiliki

pylorus yang terletak tepat setelah lambung yang berperan dalam pengaturan keluar masuknya makanan (Omar, 2011).



Gambar 2. Tipe lambung dan usus ikan. a) karnivora, b) omnivora (jenis ikan lele), c) omnivora (jenis ikan mas) dan d) herbivora (Rahmawati *et al*, 2017)

2.1.6 Enzim Pencernaan Ikan

Enzim dalam pencernaan mempengaruhi proses penguraian makanan.

Selain itu kelengkapan organ juga dapat mempengaruhi penyederhanaan nutrisi melalui proses hidrolisis oleh enzim pencernaan terdapat sistem pencernaan, dengan penyerdaran tersebut secara optimal dapat diserap oleh sel tubuh.

Dengan adanya enzim pencernaan memungkinkan pakan yang diberikan mampu terserap dengan baik, sehingga nutrisi yang terkandung dalam pakan dapat dipergunakan ikan dalam metabolisme dan pertumbuhan. Aktivitas enzim dipengaruhi oleh suhu, pH, dan jenis substrat (Nangin dan Aji, 2015).

Enzim pencernaan pada ikan disekresikan oleh kelenjar pencernaan, baik yang terdapat pada lambung, *pyloric caeca*, intestine maupun pankreas. Aktivitas



enzim pencernaan secara umum bervariasi menurut ukuran ikan, faktor fisiologis dan musim. Kapasitas pencernaan dapat dilihat atau ditandai dari Aktivitas enzim pencernaan tersebut. Larva dapat dikatakan siap mengkonsumsi pakan dari luar jika secara fisiologis terdapat Aktivitas enzimatis yang cukup tinggi. Semakin bertambahnya usia larva maka meningkat pula Aktivitas enzim pencernaannya. Dengan semakin lengkap atau sempurna organ penghasil enzim mempengaruhi peningkatan ini, namun demikian pada jenis ikan tertentu mengalami penurunan enzim berdasarkan pakan yang dimakan (Gawlicka et al., 2000). Berdasarkan perbedaan jenis pakan yang dikonsumsi herbivora, omnivora dan karnivora maka akan berpengaruh terhadap enzim pencernaan yang dihasilkan. Karbohidrase akan lebih banyak dihasilkan oleh ikan herbivora, sedangkan protease dihasilkan oleh ikan karnivora. Ikan herbivor pada stadia benih enzim yang cenderung tinggi adalah protease, namun pada stadia dewasa enzim yang banyak bekerja pada pencernaan adalah amilase (Affandi, 2004).

2.2 Alur Makanan

Pada hewan tingkat tinggi seperti ikan, makanan dicerna dalam saluran khusus yang pada umumnya sudah berkembang dengan baik. Jadi, pencernaan makanan pada hewan ini berlangsung didalam organ gastrointestinal (secara ekstraseluler). Sistem gastrointestinal tersusun atas berbagai organ yang secara fungsional dapat dibedakan menjadi empat bagian yaitu daerah penerimaan, daerah penyimpanan, daerah pencernaan, dan penyerapan nutrisi, serta daerah penyerapan air dan ekskresi (Isnaeni, 2006).

Menurut Siregar (1995), menyatakan bahwa proses digesti pakan yang diperoleh ikan akan dimulai dari lambung, dan dilanjutkan pada intestine yang akan berakhir hingga anus yang merupakan pembuangan bahan sisa. Proses digesti yang terjadi didalam lambung dapat diukur dari laju pengosongan lambung.



Laju digesti atau laju pengosongan lambung selain dipengaruhi oleh temperatur air juga dipengaruhi oleh pakan yang dikonsumsi. Perbedaan kualitas pakan akan menyebabkan perbedaan komponen penyusun, dan perbedaan ini akan berakibat pada perbedaan laju dan kemampuan digesti pakan. Pakan ikan adalah makanan yang khusus dibuat atau diproduksi agar mudah dan tersedia untuk dimakan. Pakan ikan sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kelangsungan tubuh ikan.

Di dalam lambung ini akan terjadi proses pencernaan protein, lemak, dan karbohidrat. Pencernaan protein di lambung akan mengalami denaturasi oleh kerja HCl dan dihidrolisis oleh enzim pepsin, sehingga protein menjadi peptid. Pencernaan protein, lemak dan karbohidrat di lambung merupakan tahap awal, tetapi secara intensif dilakukan di usus. Sedangkan pada ikan yang tidak mempunyai lambung, pencernaan protein dilakukan pada usus depan oleh enzim protease akan memecah protein menjadi asam amino (Gordon, 1979).

Dari lambung, makanan masuk ke usus yang berupa pipa panjang berkelok-kelok dan sama besarnya. Usus bermuara pada anus. Di dalam usus, makanan akan merangsang keluarnya hormon kolsistokinin. Hormon ini yang memacu keluarnya getah empedu dari hati. Getah empedu terbuat dari sel-sel darah merah yang telah rusak di dalam hati. Pengeluaran getah empedu tersebut melalui pembuluh hepatikus yang kemudian ditampung di dalam kantong empedu. Fungsi getah empedu untuk memperhalus butiran-butiran lemak menjadi emulsi sehingga mudah larut dalam air dan diserap oleh usus, dan saluran untuk ekskresi pigmen dan substansi toksik dari aliran darah, seperti alkohol dan bahan kimia lainnya (Lambs, 1985 dalam Wulandari, 2014).

Kelenjar pencernaan pada ikan, meliputi hati dan pankreas. Hati merupakan kelenjar yang berukuran besar, berwarna merah kecoklatan, terletak di bagian depan rongga badan dan mengelilingi usus, bentuknya tidak tegas, terbagi atas



lobus kanan dan lobus kiri, serta bagian yang menuju ke arah punggung. Fungsi hati menghasilkan empedu yang disimpan dalam kantung empedu untuk membantu proses pencernaan lemak. Kantung empedu berbentuk bulat, berwarna kehijauan terletak di sebelah kanan hati, dan salurannya bermuara pada lambung. Kantung empedu berfungsi untuk menyimpan empedu dan disalurkan ke usus bila diperlukan. Pankreas merupakan organ yang berukuran mikroskopis sehingga sukar dikenali, fungsi pankreas, antara lain menghasilkan enzim – enzim pencernaan dan hormon insulin (Guyton, 1995).

Cairan empedu terdiri dari garam-garam empedu, elektrolit, pigmen empedu, kolesterol dan lemak. Fungsi empedu antara lain yaitu untuk membuang limbah tubuh tertentu (terutama hemoglobin yang berasal dari penghancuran sel darah merah dan kelebihan kolesterol) serta membantu pencernaan dan penyerapan lemak. Garam empedu meningkatkan kelarutan kolesterol, lemak dan vitamin yang terlarut dalam lemak, sehingga membantu penyerapannya dari usus. Garam-garam empedu merupakan bahan pengemulsi kuat yang disekresikan oleh hati dalam empedu yang selanjutnya mengeluarkan isinya ke bagian atas usus halus. Selain asam lemak dan senyawa monoasilgliserol dari butir lemak yang teremulsi diserap dibagian bawah usus halus, garam-garam empedu yang membantu proses ini juga diserap kembali. Garam-garam empedu tersebut kembali ke hati untuk kemudian digunakan kembali berkali-kali. Dengan demikian garam-garam empedu secara tetap berdaur antara hati dan usus halus (Sihombing *et al*, 2014).

2.3 Usus

Usus adalah bagian dari sistem pencernaan yang bermula dari lambung hingga anus. Bagian dari usus terdiri dari usus kecil dan usus besar. Usus besar terbagi menjadi cecum, kolon dan rektum. Secara makroskopis usus kecil dibagi



menjadi duodenum, jejunum dan ileum yang secara kontinyu saling menyambung dan pada dasarnya mempunyai struktur histologis hampir sama (Geneser, 1994). Menurut Colville dan Bassert (2002), secara histologi usus terdiri dari beberapa lapisan yaitu: mukosa, sub mukosa, muskularis mukosa dan serosa.

Usus merupakan bagian dari alat pencernaan yang menempati rongga abdomen dimulai dari pylorus dan berakhir di rectum. Letak dari usus dipertahankan oleh penggantung yang disebut dengan mesentrium. Secara umum, usus dibagi menjadi dua bagian yaitu usus halus (*intestinum tenue*) dan usus besar (*intestinum crorum*) (Sisson dan Grossman, 1961). Usus merupakan salah satu organ pencernaan yang berperan penting dalam penyerapan molekul-molekul makanan yang akan disebarkan ke seluruh tubuh. Jenis dan perilaku makan suatu hewan mempengaruhi struktur anatomi dan histologi usus (Hamny *et al.*, 2015).

2.4 Enzim

Enzim adalah suatu katalisator biologis dalam reaksi kimia yang sangat dibutuhkan dalam kehidupan. Bahan dasar dari enzim adalah protein, sel hati dapat dikeluarkan dalam proses eksositosis. Enzim yang disekresikan keluar sel digunakan untuk pencernaan di luar sel (dinding rongga saluran pencernaan) (*Extracellular digestion*) sedangkan enzim yang dipertahankan di dalam sel digunakan untuk pencernaan di dalam sel itu sendiri (*Intracellular digestion*) (Handayani dan Wahyu, 2010).

Menurut Zonneveld *et al.*, (1991), enzim-enzim yang berperan dalam pencernaan adalah protease, amilase dan lipase yang mengkatalis pemecahan nutrient kompleks (protein, karbohidrat dan lemak) menjadi nutrient sederhana.

Aktivitas amilase semakin meningkat dengan meningkatnya ukuran ikan. Ikan herbivora memiliki Aktivitas amilase lebih tinggi daripada Aktivitas protease dan

lipase. Demikian juga Aktivitas protease dan lipase ikan omnivore dan karnivora lebih tinggi daripada amilaenya (Furne *et al.*, 2005).

2.4.1 Enzim Amilase

Amilase adalah enzim hydrolase glikosida yang mengkatalisis pemecahan amilum menjadi gula. Amilase merupakan salah satu enzim yang paling penting dalam bioteknologi saat ini. Amilase merupakan enzim yang memecah pati yang diproduksi oleh berbagai jenis makhluk hidup seperti dari bakteri, jamur, tumbuhan dan manusia (Arunsasi *et al.*, 2010 dalam Ompusunggu *et al.*, 2013). Enzim amilase terdapat dalam usus halus yang disekresikan oleh organ pancreas dan berfungsi sebagai katalis dalam proses hidrolisis amilum,dekstrin dan glikogen menjadi maltose. Enzim amilase bekerja pada pH 6,5 sampai 7,2 dan memiliki pH optimum sebesar 6,9. Sebagai diastase, amilase adalah enzim pertama yang ditemukan dan diisolasi oleh Anselme Payen pada tahun 1833. Enzim ini memiliki peranan penting pada aplikasi industri dan bioteknologi dalam makanan, tekstil dan industri kertas (Pandey *et al.*, 2000 dalam Sarah *et al.*, 2010).

2.4.2 Enzim Lipase

Enzim lipase adalah enzim yang bekerja untuk menghidrolisis lemak. Berdasarkan fungsi fisiologisnya enzim lipase mempunyai peranan penting menghidrolisis lemak dan minyak menjadi asam lemak dan gliserol yang dibutuhkan dalam proses metabolisme. Enzim lipase ini dapat memecah ikatan ester pada lemak sehingga menjadi asam lemak dan gliserol (Poedjadi dan Supriyanti, 2007).

Menurut Mingrui Yu *et al.*, (2007) lipase merupakan kelompok enzim yang secara umum berfungsi dalam hidrolisis triasilgliserol (trigliserida) untuk menghasilkan asam lemak rantai panjang dan gliserol.



2.4.3 Enzim Protease

Enzim protease merupakan salah satu enzim hidrolase yang dapat menghidrolisis protein menjadi senyawa-senyawa yang lebih sederhana menjadi asam amino (Hepher, 1988). Enzim protease merupakan senyawa protein dimana molekul ini sangat tidak stabil terutama pada perubahan suhu. Perubahan suhu akan sangat menyebabkan protease terdenaturasi. Aktivitas enzim dapat dipertahankan pada pH yang mendekati netral, suhu rendah atau sedang dan Aktivitas 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).

Menurut Handajani dan Wahyu (2010), enzim protease dibagi ke dalam kelompok yaitu: endopeptidase dan eksopeptidase. Endopeptidase berperan sebagai katalisator dalam menghidrolisis rantai peptid bagian tengah dan rantai peptid yang sangat spesifik. Eksopeptidase mengkatalisis dalam melepaskan ujung asam amino. Endopeptidase dan eksopeptidase terdapat sebagai enzim intracellulardan extracellulardan.

2.5 Sel Penghasil Enzim

Menurut Puspitaningrum dan Chris (2016), Sebagian besar molekul enzim digunakan dalam sel, tetapi ada juga enzim yang digunakan diluar sel. Tentunya ada perbedaan struktur antara molekul enzim intraseluler dan enzim ekstraseluler, contohnya enzim yang berperan dalam pembekuan darah. Struktur ini berperan menjaga protein enzim tersebut dari sifatnya yang mungkin dapat membahayakan organisme jika stuktur tidak ada.

Protein enzim disintesis di dalam sel, sesuai dengan informasi genetik yang telah ada, dan terdistribusikan baik ke dalam sel maupun ke luar sel untuk menjalankan tugasnya. Contoh enzim ekstraseluler adalah enzim-enzim yang



berperan dalam proses pencernaan bahan makanan, komplemen, faktor pembekuan darah dan lain-lain: sedangkan contoh enzim intraseluler adalah enzim yang terlibat dalam sintesis protein, enzim di mitokondria dan lain-lain.

Keberadaan enzim dalam sel dapat membantu untuk mengetahui fungsi komponen tersebut, contohnya:

- Enzim yang banyak terdapat dalam inti sel, berperan dalam proses penyusunan dan perlindungan materi genetik.
- Enzim yang terdapat di dalam mitokondria, umumnya berperan dalam proses oksidasi.
- Enzim yang ada dalam mikrosom, bertanggung jawab terhadap reaksi hidroksilasi, biosintesis hormone steroid dan metabolisme.
- Enzim yang ada di lisosom berperan dalam memecah dan menghidrolisis substansi tertentu sehingga mudah dicerna oleh sel
- Enzim yang ada dalam kompleks Golgi, umumnya berperan penting dalam sekresi protein.
- Enzim yang ada dalam sitoplasma, umumnya berperan mengkatalis proses metabolisme karbohidrat.
- Enzim yang ada di membrane sel berkaitan dengan proses transport ion atau molekul antarsel dan kerja hormon.

2.6 Histologi

Histologi adalah ilmu yang mempelajari tentang struktur jaringan secara detail menggunakan mikroskop pada sediaan jaringan yang dipotong tipis, salah satu dari cabang-cabang biologi. Histologi dapat juga disebut sebagai ilmu anatomi mikroskopis. Contoh Histologi usus ikan teleostoi dapat dilihat pada **Gambar 3**.

Usus merupakan organ yang sering terpapar oleh agen-agen mikroba dan organ penting dalam hubungannya dengan penyakit. Patogen dan parasit dapat



masuk ke dalam usus melalui oral, khususnya melalui bahan makanan yang tercemar. Apabila terjadi infeksi, maka limfosit akan menginvasi lapisan usus. kemudian, terjadi peradangan dan kondisi tersebut akan meningkat menjadi degenerasi, deskuamasi sel dan sekresi mukus ke dalam lumen. Setelah itu, nekrosis menyebar ke bagian lamina propia dan jaringan otot licin. Pada epitel mukosa yang sensitif dapat terjadi peradangan yang terlokalisir dan timbul ulserasi. Hal ini dapat terjadi akibat patogen-patogen usus dan benda-benda asing yang dicerna seperti kayu dan batu. Pada kasus-kasus degenerasi usus yang berat, fungsi absorpsi usus terhenti dan ikan mati (Hoole et al. 2001).

Bagian transversal usus merupakan lumen yang tertutup oleh lipatan jaringan yang tersusun dari epitelium dan didukung oleh lamina propia, serta selsel didekatnya/zona penghubung. Jaringan ini dibatasi oleh dua lapisan otot licin, yaitu suatu lapisan serosa dari jaringan ikat dan pembuluh darah (Hibiya dan Fumio 1995). Usus ikan mengandung sel-sel eosinofil granular mukosa yang fungsinya belum diketahui (Irianto 2005).



Gambar 3. Histologi Normal Usus Ikan Mas Perbesaran 40X. (Irianto, 2005).

2.7 Kualitas Air

2.7.1 Suhu

Suhu merupakan variabel penting untuk organisme akuatik, rentang toleransi suhu serta suhu optimum kultur berbeda-beda untuk setiap jenis atau



spesies ikan. Peningkatan suhu mengakibatkan peningkatan aktivitas metabolisme dan menurunkan gas (oksigen) terlarut, efek pada proses reproduksi ikan dan kematian (Kordi, 2005).

Menurut Aliza *et al.* (2013), suhu merupakan salah satu faktor fisika yang sangat penting di dalam air karena bersama-sama dengan zat atau unsur yang terkandung didalamnya akan menentukan massa jenis air, densitas air, kejenuhan air, mempercepat reaksi kimia air, dan memengaruhi jumlah oksigen terlarut di dalam air. Suhu tinggi yang masih dapat ditoleransi oleh ikan tidak selalu berakibat mematikan pada ikan tetapi dapat menyebabkan gangguan status kesehatan untuk jangka panjang. Perubahan suhu sebesar 5°C di atas normal dapat menyebabkan stres pada ikan bahkan kerusakan jaringan dan kematian. Respons ikan terhadap stres dapat dibagi atas tiga fase yaitu primer, sekunder, dan tertier. Sehingga suhu perairan harus sangat diperhatikan dalam usaha budidaya.

Menurut Asnani dan Puji (2009), Aktivitas enzim pada suhu di bawah suhu optimum relatif rendah dan meningkat Aktivitasnya seiring dengan bertambahnya suhu. Peningkatan Aktivitas terjadi karena bertambahnya energi kinetik yang mempercepat gerak vibrasi, translasi dan rotasi enzim dan substrat sehingga meningkatkan kecepatan reaksi enzim. Penurunan Aktivitas enzim setelah suhu optimum terjadi karena pada suhu yang lebih tinggi dari suhu optimum, protein dapat terdenaturasi.

Menurut Kulpen (2013), kenaikan suhu di atas suhu optimum dapat mengakibatkan peningkatan atau penurunan Aktivitas enzim. Secara umum, tiap kenaikan suhu 10°C kecepatan reaksi menjadi dua kali lipat dalam batas suhu yang wajar. Hal tersebut juga berlaku pada enzim. Panas yang ditimbulkan akibat kenaikan suhu dapat mempercepat reaksi sehingga kecepatan molekul

meningkat. Hasilnya adalah frekuensi dan daya tumbukan molekuler juga meningkat.

2.7.2 pH

Ikan jenis *Cyprinidae* dapat bertahan hidup pada pH 6.5-8. Perubahan pH biasanya menimbulkan stress pada ikan. Kemampuan air menahan perubahan pH lebih penting daripada nilai pH itu sendiri (Kordi, 2005). Menurut Agus (2011), mengatakan bahwa ikan akan mati pada pH <4; ikan tidak dapat bereproduksi pada pH 4-5; laju pertumbuhan ikan menjadi lambat pada pH 5-6; kelayakan untuk budidaya pada pH 6.5-9; pertumbuhan ikan menjadi lambat pada pH 9-11; dan bila pH >11 maka ikan akan mati.

pH yang baik untuk perairan adalah 6.5 – 9. Apabila pH kurang dari kisaran optimal maka pertumbuhan ikan terhambat dan ikan sangat sensitif terhadap bakteri dan parasit. Sedangkan jika pH lebih dari kisaran optimal maka pertumbuhan ikan terhambat. Namun pada kondisi yang kurang optimal, suatu jenis ikan akan mencapai ukuran yang lebih kecil dibandingkan pada kondisi optimal. Dengan demikian pH dalam perairan harus diperhatikan (Hidayat *et al.*, 2013).

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, 2012). Semua enzim adalah protein, maka factor-faktor yang berpengaruh terhadap Aktivitas enzim juga merupakan factor-faktor yang mempengaruhi struktur sekunder, tersier, kuartener dari protein. Kenyataan itu menyebabkan factor pH lingkungan yang berhubungan dengan kestabilan dan daya ionisasi gugus aktif suatu enzim akan mempengaruhi Aktivitas enzim tersebut (Whittaker, 1994).



Menurut Kulpen (2013), seluruh enzim peka terhadap perubahan derajat keasaman (pH). Enzim menjadi nonaktif bila diperlakukan pada asam basa yang sangat kuat. Sebagian besar enzim dapat bekerja paling efektif pada kisaran pH lingkungan yang agak sempit. Diluar pH optimum tersebut, kenaikan atau penurunan pH menyebabkan penurunan Aktivitas enzim dengan cepat. Pengaruh pH terhadap kerja enzim dapat terdeteksi karena enzim terdiri atas protein. Jumlah muatan positif dan negatif yang terkandung didalam molekul protein serta bentuk permukaan protein sebagian ditentukan oleh pH.

2.7.3 Oksigen Terlarut

Sumber oksigen terlarut dapat berasal dari difusi oksigen yang terdapat di atmosfer dan aktivitas fotosintesis oleh tumbuhan air. Proses respirasi tumbuhan air dan hewan serta proses dekomposisi bahan organik dapat menyebabkan hilangnya oksigen dalam suatu perairan. Selain itu, peningkatan suhu akibat semakin meningkatnya intensitas cahaya juga mengakibatkan berkurangnya oksigen. Meningkatnya suhu air akan menurunkan kemampuan air untuk mengikat oksigen, sehingga tingkat kejenuhan oksigen di dalam air juga akan menurun. Peningkatan suhu juga akan mempercepat laju respirasi dan dengan demikian laju penggunaan oksigen juga meningkat (Puspitaningrum et al., 2012).

Agus (2011), menyatakan bahwa kadar oksigen yang rendah akan mempengaruhi nafsu makan ikan dan apabila jumlah oksigen terlarut diperairan hanya 1.5 mg/l, nafsu makan ikan akan berkurang dan jika kurang dari 1.5 mg/l ikan akan berhenti makan. Kebutuhan ikan terhadap oksigen tergantung pada jenis, ukuran, aktivitas, suhu dan kualitas pakan. Ikan kecil masih dapat bertahan pada DO 1.0-3.0 mg/l, namun akan mati pada DO 0.0-0.3 mg/l. Bila DO air berada pada kisaran 1.0-5.0 mg/l, ikan akan mengalami pertumbuhan yang lambat tetapi pada DO > 5 mg/l maka ikan akan tumbuh secara optimal (Effendi, 2003).



Kebutuhan akan oksigen bagi ikan mempunyai kebutuhan lingkungan bagi spesies tertentu dan kebutuhan konsumtif yang tergantung pada keadaan metabolisme. Perbedaan kebutuhan oksigen dalam suatu lingkungan bagian spesies tertentu disebabkan adanya perbedaan struktur sel darah ikan, yang mempengaruhi hubungan antar tekanan partikel oksigen dalam air derajat kejenuhan, oksigen dalam sel darah.



3. KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1 Landasan Teori

Ikan brek (*Puntius orphoides*) merupakan jenis ikan liar air tawar yang termasuk pada family Cyprinidae. Spesies ini dapat ditemukan pada sungai, danau dan waduk yang tersebar luas di Indocina Jawa, Kalimantan, Kepulauan Sunda, Sungai Klawing, Sungai Kranji, Sungai Pelus, Sungai Banjaran (Suryaningsih *et al.*, 2011) Sebagai upaya pelestarian dan pengembangan ikan brek (*P. orphoides*) adalah dengan melakukan domestikasi yaitu dengan kegiatan budidaya. Domestikasi ikan brek (*P. orphoides*) masih terbilang sangat langka (Herawati *et al.*, 2015).

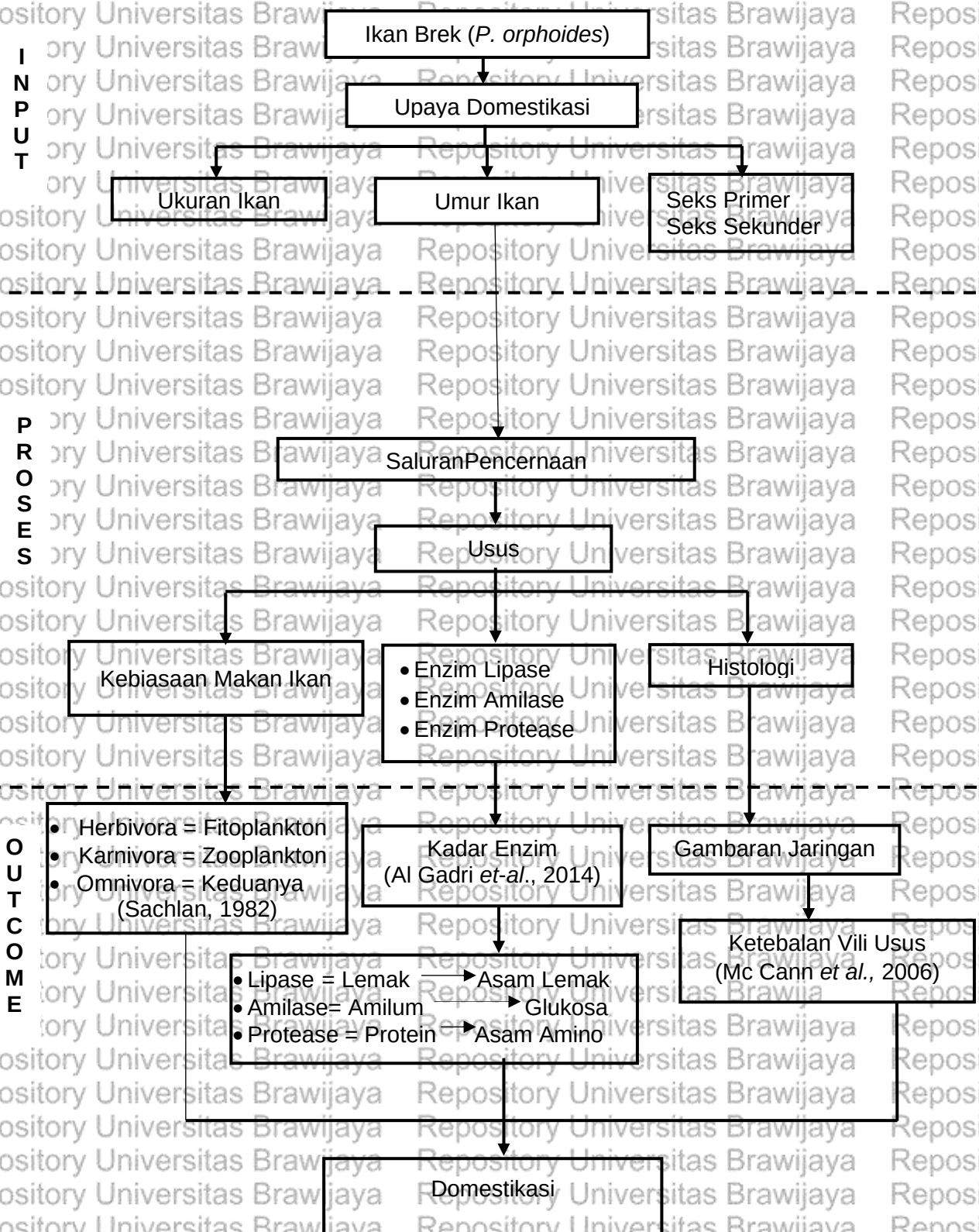
Ikan brek merupakan ikan omnivora, namun di beberapa tempat lainnya cenderung herbivora. Sutardja (1980) melaporkan bahwa berdasarkan jenis makanannya ikan brek di Waduk Jatiluhur bersifat omnivora. Hasil analisis isi lambungnya menunjukkan bahwa makanan ikan brek terdiri atas detritus, bagian tumbuhan, insekta, Crustacea, Bacillariophyceae, Chlorophyceae, Myxophyceae, dan Protozoa. Selanjutnya Sriati (1987) melaporkan bahwa makanan ikan brek di Bendung Curug Karawang terdiri atas tujuh kelompok, yaitu detritus 46,75%, tumbuhan 3,16%, pasir 0,01%, serangga 2,43%, makrozoobenthos 0,02%, zooplankton 0,01% dan periphyton 46,92%. Ikan brek di Sungai Cimanuk Sumedang termasuk omnivora yang makanannya terdiri atas kelas Bacillariophyceae, Cyanophyceae, Rotifera, Protozoa, Crustaceae, detritus, dan jenis makanan yang tidak teridentifikasi. Makanan ikan brek di kawasan Danau Sentarum adalah tumbuhan dan insekta (Kotellat dan Widjanarti 2005). Oleh karena itu butuh adanya penelitian lanjutan tentang kebiasaan makan ikan.

Upaya domestikasi dan kajian mengenai beberapa biologi reproduksi ikan brek (*P. orphoides*) telah dilakukan tentang mengetahui data kebiasaan makan ikan yang didapatkan hasil bahwa ikan tersebut ikan omnivora, namun kajian fisiologis mengenai sistem pencernaan berupa enzim seperti amilase, lipase dan protease pada ikan brek (*P. orphoides*) belum pernah dilakukan. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui enzim amilase, lipase dan protease pada ikan brek (*P. orphoides*).

Uji histologi digunakan untuk melihat ketebalan villi di usus ikan. Usus merupakan organ yang sering terpapar oleh agen-agen mikroba dan organ penting dalam hubungannya dengan penyakit. Patogen dan parasit dapat masuk ke dalam usus melalui oral, khususnya melalui bahan makanan yang tercemar. Apabila terjadi infeksi, maka limfosit akan menginvasi lapisan usus. kemudian, terjadi peradangan dan kondisi tersebut akan meningkat menjadi degenerasi, deskuamasi sel dan sekresi mukus ke dalam lumen. Setelah itu, nekrosis menyebar ke bagian lamina propria dan jaringan otot licin. Pada epitel mukosa yang sensitif dapat terjadi peradangan yang terlokalisir dan timbul ulcerasi. Hal ini dapat terjadi akibat patogen-patogen usus dan benda-benda asing yang dicerna seperti kayu dan batu. Pada kasus-kasus degenerasi usus yang berat, fungsi absorpsi usus terhenti dan ikan mati (Hoole *et al.* 2001).

3.2 Kerangka Konsep

Merujuk pada landasan teori di atas, perlu diteliti tentang pola kebiasaan makan untuk menentukan ikan brek termasuk jenis ikan herbivora, omnivore atau omnivora atau karnivora dengan metode identifikasi isi lambung, jumlah enzim amilase, lipase dan protease dengan metode uji isi usus ikan serta gambaran histologi jaringan usus ikan dengan metode uji histologi usus yang terdapat pada ikan brek (*P. orphoides*). Dapat dilihat pada **Gambar 4**.



Gambar 4. Kerangka Konsep Penelitian



3.3 Kerangka Operasional

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif. Pelaksanaan penelitian ini dibagi dalam 3 tahapan. Tahapan penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

I. Penelitian Tahap I, yaitu Pengambilan Sampel Ikan Brek (*Puntius orphoides*) dan Pengamatan Kebiasaan Makan Ikan

- a) Penentuan Lokasi
- b) Pengambilan Sampel
- c) Pengukuran Kualitas Air
- d) Pembedahan Ikan (Usus)
- e) Pengamatan Mikroskop

II. Penelitian Tahap II, yaitu Jumlah Enzim yang Berada didalam Usus Ikan Brek (*Puntius orphoides*)

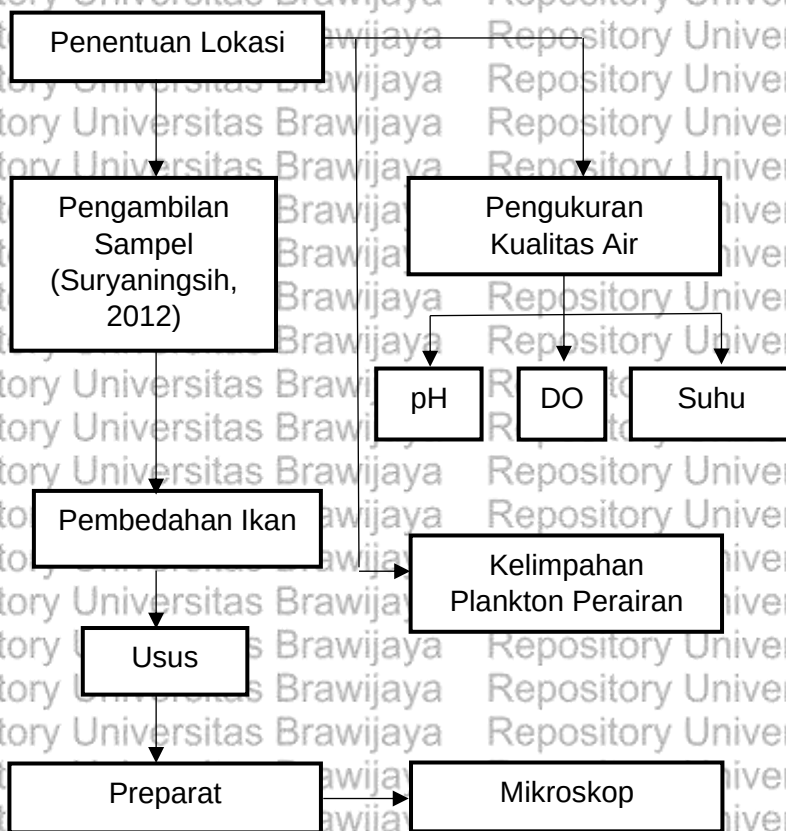
- a) Jumlah Enzim Amilase
- b) Jumlah Enzim Lipase
- c) Jumlah Enzim Protease

III. Penelitian Tahap III, yaitu Uji Histologi Usus Ikan Brek (*Puntius orphoides*)

- a) Pengamatan Panjang dan Ketebalan Vili Usus

3.3.1 Kerangka Operasional Tahap 1

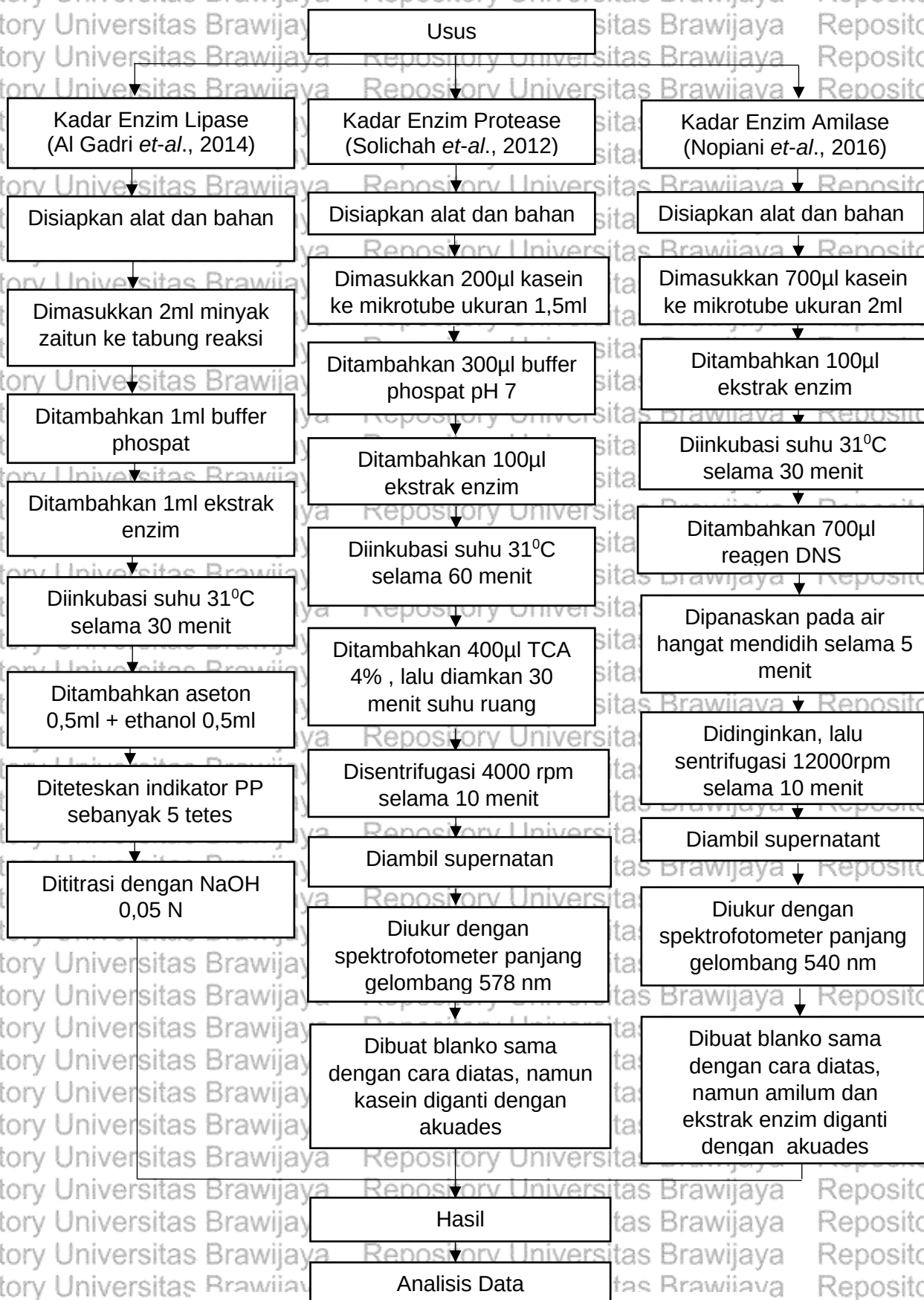
Pada tahap 1 yang terdapat pada **Gambar 5**, pada penelitian yang akan dilakukan adalah pengamatan kebiasaan makan ikan brek (*Puntius orphoides*) di dalam usus dengan menggunakan mikroskop. Adapun prosedur yang pertama yaitu penentuan lokasi. Kemudian pengambilan sampel menggunakan metode (Suryaningsih, 2012). Setelah itu Pengukuran kualitas air meliputi suhu, pH (Derajat Keasaman) dan DO (Oksigen Terlarut) sebagai salah satu parameter penunjang. Kemudian dilakukan pembedahan ikan brek (*Puntius orphoides*) untuk dilakukan pengambilan organ usus yang mana akan digunakan untuk dapat dimati dibawah mikroskop.



Gambar 5. Kerangka Operasional Penelitian Tahap 1

3.3.2. Kerangka Operasional Tahap 2

Pada tahap 2 yang terdapat pada **Gambar 6**, penelitian yang akan dilakukan adalah untuk mengetahui jumlah enzim yang berada didalam usus sampel ikan brek (*Puntius orphoides*), yang meliputi uji enzim amilase, lipase, dan protease. Untuk setiap pengujian jumlah enzim ikan pun memiliki metode yang berbeda-beda. Untuk pengamatan jumlah enzim lipase menggunakan metode (Al Gadri *et-al.*, 2014). Untuk pengamatan jumlah enzim Protease menggunakan metode (Sachlan, *et-al.*, 2012). Sedangkan untuk pengamatan jumlah enzim amilase menggunakan metode (Nopiani, *et-al.*, 2016). Untuk sampel yang diuji berjumlah 24 ikan brek remaja dan 20 ekor larva ikan brek.

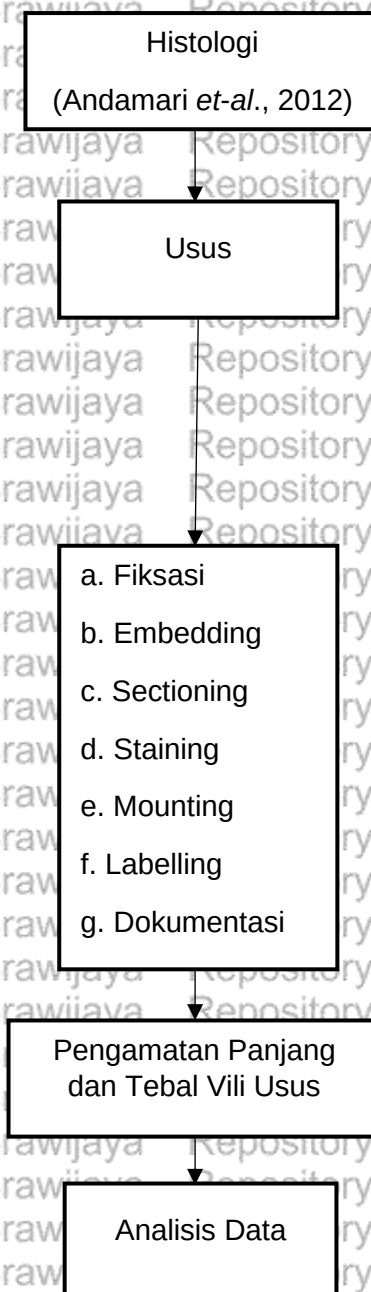


Gambar 6. Kerangka Operasional Penelitian Tahap 2



3.3.3. Kerangka Operasional Tahap 3

Pada tahap 3 yang terdapat pada **Gambar 7** pada penelitian yang akan dilakukan adalah uji Histologi yang berada didalam usus sampel Ikan Brek (*Puntius orphoides*),



Gambar 7. Kerangka Operasional Penelitian Tahap 3

3.4 Hipotesis

Dalam penelitian ini diajukan hipotesis sebagai berikut:

H0 : Diduga kondisi kebiasaan makan sejalan dengan kondisi enzim lipase, enzim protease dan enzim amilase serta gambaran histologi jaringan usus

H1 : Diduga kondisi kebiasaan makan tidak sejalan dengan kondisi enzim lipase, enzim protease dan enzim amilase serta gambaran histologi jaringan usus.

3.5 Publikasi

Publikasi karya ilmiah merupakan tahapan setelah pelaksanaan penelitian.

Publikasi dipersyaratkan pada Pelaksanaan Kurikulum Program Magister Budidaya Perairan Fakultas Kelautan dan Perikanan Universitas Brawijaya adalah Jurnal Nasional terakreditasi dan Jurnal Internasional. Pada penelitian kali ini telah dipublikasikan di *International Journal of Scientific and Technology Research*

(IJSTR) dapat dilihat pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Publikasi

No.	Judul	Bulan	Jurnal
1.	Digestive Enzyme Analysis of Brek (<i>P. orphoides</i>) Fish Based on Fish Development Phase	Juli 2019	International Journal of Scientific and Technology Research (IJSTR) 8 (10): 2033-2035.

3.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian sebelumnya yang mengkaji tentang Ikan Brek (*P. orphoides*) belum mempunyai informasi tentang sistem pencernaan meliputi kebiasaan makan ikan, jumlah enzim (enzim lipase, enzim protease dan enzim amilase), gambaran histologi usus ikan serta keadaan plankton di perairan. Untuk penelitian terdahulu dapat dilihat pada **Tabel 2**, sebagai berikut:


Tabel 2. Penelitian Terdahulu

No	Author	Tahun/Title of Journal	Hasil
1	Suhestri, Suryaningsih, Mammed Sagi, Kamiso Handoyo Nitimulyo dan Suwarno Hadisusanto	2012/Beberapa Aspek Pemijahan Ikan Brek (<i>Puntius orphoides</i>) (valenciennes, 1842) di Sungai Klawing Purbalingga, Jawa Tengah	Analisis nilai indeks gonado somatic dan fase perkembangan oosit pada tingkat kematangan gonad, diduga musim pemijahan ikan brek berlangsung lama tetapi puncak reproduksi terjadi pada bulan September-Oktober. Fekunditas ikan brek berkisar 7.379-39.794 butir dan diameter oosit 25-900. Atas dasar analisis fase perkembangan oosit pada tingkat kematangan gonad ikan brek memiliki pola pemijahan <i>asynchronous spawner</i> .
2	Norce Mote	2014/Biologi Reproduksi Ikan Brek (<i>Barbonymus balleroides</i> Cuvier & Val. 1842) Di Sungai Serayu Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah	Ikan brek jantan pertama kali matang gonad pada ukuran 152 mm dan ikan betina 169 mm. Berdasarkan tahap TKG dan IKG puncak pemijahan ikan brek terjadi pada bulan Oktober. Kisaran Fekunditas 2.760-25.290 butir telur dan memiliki tipe pemijahan serempak. Persentase kualitas telur ikan brek tertinggi pada protein, diikuti dengan lemak dan karbohidrat. Hasil analisis asam amino dan asam glutamate memiliki persentase tertinggi. Fragmentasi habitat berpengaruh terhadap reproduksi ikan brek.
3	Suhestri, Suryaningsih, Mammed Sagi, Kamiso Handoyo Nitimulyo dan Suwarno Hadisusanto	2011/Korelasi Antara Beberapa Karakter Reproduksi dengan Panjang Total Ikan Brek [<i>Puntius orphoides</i> (Valenciennes 1842)] di Sungai Klawing Purbalingga	Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat variasi ukuran panjang total, pada ikan betina sebagian besar (34,37%) berada pada sebaran panjang total 14,3-16,2 cm, sedangkan pada ikan jantan sebagian besar (44,95%) berada pada sebaran panjang 12,1-14,6 cm. Terdapat variasi TKG tertinggi yaitu TKG IV pada bulan September dan Oktober. Hubungan antara TKG dengan panjang total ikan jantan berkorelasi positif ($r=0,0424$), pada ikan betina juga berkorelasi positif ($r=0,4339$). Fekunditas berkisar antar 4.097-32.794 sel telur. Hubungan antara fekunditas dengan panjang tubuh berkorelasi positif ($r=0,6403$). Terdapat variasi IGS pada ikan jantan maupun betina setiap bulannya, namun mayoritas



- populasi memiliki IGS puncak pada ikan jantan berkolerasi psitif ($r=7,07 \times 10^{-3}$). Hubungan antara IGS dengan panjang tubuh pada ikan betina juga berkolerasi positif ($r=0,376$). Hasil penelitian diperoleh hubungan panjang bobot $W=7,10^{-7} * L^{3,084}$ ($r^2=0,97$) untuk semua sepecimen, $W=8,10^{-6} * L^{3,061}$ ($r^2=0,96$) untuk jantan, dan $W=7,107 * L^{3,089}$ ($r^2=0,98$) untuk betina; pola pertumbuhan ikan brek allometrik; factor kondisi secara keseluruhan hamper sama yaitu 1,0234 pada jantan dan 1,0275 pada betina. Berdasarkan zona, jantan paling tinggi pada bulan Maret di zona tengah yaitu 1,2105 ($n=49$) dan terendah di zona atas yaitu 0,8952 ($n=29$). Faktor kondisi betina paling tinggi pada bulan maret di zona atas yaitu 1,1895 ($n=19$) dan terendah pada bulan April di zona bawah yaitu 0,9478 ($n=35$); nisbah kelamisi terdiri atas 1073 jantan dan 1393 betina atau 1:1,29.
- 4 Haryono, MF. 2014/Pola Pertumbuhan Ikan Brek (*Puntius orphoides* Vall. 1842) pada Habitat yang Terfragmentasi di Sungai Serayu Jawa Tengah
- 5 Suhestri Suryaningsih, Mammed Sagi, Kamiso Handoyo Nitimulyo dan Suwarno Hadisusanto 2010/Perubahan Aktivitas Hormon Testosteron dan Progesteron, Korelasinya dengan Indeks Gonado Somatik dan Tingkat Kematangan Gonad pada Ikan Brek (*Puntius orphoides* Cuvier&Valencie nnes, 1842)
- Hasil penelitian menunjukkan bahwa Aktivitas testosterone dalam darah ikan brek jantan dan Aktivitas progesterone dalam darah ikan brek betina selama satu tahun penelitian mengalami perubahan. Aktivitas testosterone memiliki kisaran antara 0,10-0,35 ng/mL dan 0,224 ng/mL terjadi pada bulan September-Oktober, demikian pula puncak tertinggi Aktivitas progesterone sebesar 0,645 g/mL dan 0,092 nf/mL. korelast Aktivitas testosterone dengan IGS adalah positif nyata, demikian pula Aktivitas progesterone dengan IGS. Korelasi Aktivitas testosterone dengan TKG positif, demikian pula Aktivitas progesterone dengan TKG.



4. METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan Penelitian

4.1.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan penelitian sebagai berikut (**Lampiran 1**):

- Coolbox
- Sesar
- Thermometer
- pH meter
- DO meter
- Refraktometer
- Nampan
- Sectioning set
- Blender
- Sentrifugasi
- Erlenmeyer
- Inkubator

4.1.2 Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan penelitian sebagai berikut (**Lampiran 2**):

- Sampel ikan brek
- Larutan enzim
- Es batu
- Buffer asetat
- Kapas
- Minyak zaitun



- Gum Arabic
- CaCl_2
- NaCl
- Buffer fosfat
- Indikator PP
- NaOH
- Larutan kasein
- Larutan TCA

4.2 Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode deskriptif. Menurut Surakhmad (1998), metode deskriptif yaitu sebuah metode yang menggambarkan keadaan atau kejadian di suatu daerah tertentu. Pelaksanaan metode deskriptif pada pengumpulan dan penyusunan datanya meliputi analisa dan pembahasan tentang data tersebut, sehingga diharapkan dapat memberikan gambaran secara umum, sistematis, actual dan valid mengenai fakta dan sifat-sifat populasi suatu daerah tersebut.

4.3 Parameter Yang Diamati

4.3.1. Parameter Utama

Parameter utama yang diamati dalam penelitian ini adalah kelimpahan plankton di perairan, identifikasi lambung ikan, jumlah enzim sistem pencernaan ikan meliputi enzim amilase, enzim protease dan enzim lipase serta menganalisis gambaran histologi dari usus ikan brek.

4.3.2 Parameter Penunjang

Parameter penunjang yang diamati dalam penelitian ini adalah kelimpahan plankton perairan dan parameter kualitas air. Kelimpahan plankton perairan



digunakan sebagai penunjang isi lambung ikan, sedangkan parameter kualitas air merupakan parameter yang menunjang kehidupan dari ikan brek di alam (sungai) karena secara tidak langsung dapat mempengaruhi aspek pencernaannya.

Parameter yang diamati meliputi : suhu, pH dan oksigen terlarut.

4.4 Prosedur Penelitian

4.4.1 Penentuan Lokasi

Penentuan lokasi terlebih dahulu dilakukan dengan mencari informasi mengenai keberadaan maupun persebaran ikan brek dari petambak setempat sehingga memudahkan dalam penangkapan sampel ikan brek. Lokasi yang dipilih terletak di Unit Pelaksana Teknis Pengembangan Budidaya Air Tawar (UPT-PBAT) Umbulan Pasuruan, Jawa Timur.

4.4.2 Pengambilan Sampel

Sampel ikan Brek (*puntius orphoides*) diambil secara langsung di area kolam budidaya di UPT-PBAT Umbulan. Ikan ditangkap dan dimasukkan dalam box pendingin untuk mengawetkan ikan agar tidak cepat membusuk sehingga organnya masih utuh saat dibedah karena walaupun ikan telah mati akan tetapi usus masih dapat didapatkan. Kemudian sampel air juga diambil untuk uji kelimpahan plankton perairan.

4.4.3 Pengukuran Kualitas Air

Kualitas air merupakan parameter yang menunjang kehidupan bagi ikan di alam karena secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi biologis ikan tersebut. Oleh karena itu parameter kualitas air yang diamati meliputi: suhu, pH (Derajat Keasaman) dan DO (Oksigen Terlarut) yang memiliki hubungan dengan sistem pencernaan ikan. Sehingga perlu adanya data kualitas air yang berhubungan langsung dengan system pencernaan ikan.



a. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan thermometer air raksa. Thermometer dicelupkan ke dalam air 2 – 3 menit hingga air raksa berhenti bergerak.

b. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH diukur langsung di lapangan, yaitu dengan mencelupkan pH meter ke dalam sampel air. Kemudian ditunggu hingga angka pada pH meter konstan (tidak berubah).

c. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO (*Dissolved Oxygen*) diukur menggunakan DO meter. DO meter dihidupkan kemudian katoda dicelupkan ke dalam air, lalu ditunggu hingga angka yang muncul pada DO meter tidak berubah. Kemudian data yang didapat diolah dan dianalisis.

4.4.4 Pembedahan Ikan

Pembedahan ikan dilakukan di Laboratorium Reproduksi Ikan, Universitas Brawijaya dan dilakukan dengan metode Luthfiani (2016), pertama ikan diletakkan diatas nampan kemudian bagian sirip ikan dibersihkan terlebih dahulu agar pada saat pembedahan menjadi lunak. Lalu, dibuat sayatan dari bagian belakang anus hingga belakang sirip vertoralis. Dibuat seperti bagian dari persegi panjang. Setelah itu gunting bagian dari persegi panjang yang sudah disayat namun tidak sampai mengenai bagian dalam. Setelah kulit dan daging ikan terbuka, diambil ususnya untuk diambil enzim yang akan diuji.

4.4.5 *Index of Propenderance*

Untuk menganalisis jenis makanan dalam lambung *Index of Preponderance* atau Indeks Bagian Terbesar yang dikemukakan oleh Effendie (1979) bentuk rumusan sebagai berikut:



$$IP = \frac{V_i \times O_i \times 100}{\sum V_i \times O_i}$$

Keterangan :

IP = *Index of Propenderance* atau Indeks Bagian Terbesar

V_i = Persentase jumlah satu jenis makanan

O_i = Persentase frekuensi kejadian satu jenis makanan

$\sum V_i O_i$ = Jumlah $V_i \times O_i$ dari semua jenis makanan

Persentase jumlah dinyatakan dengan cara menghitung jumlah makanan

sejenis per jumlah makanan seluruhnya dengan rumus:

$$V_i = \frac{\text{Jumlah Individu satu jenis}}{\text{Jumlah seluruh jenis}} \times 100\%$$

Untuk persentase frekuensi kejadian dinyatakan dengan cara menghitung

jumlah lambung yang berisis makanan sejenis per jumlah lambung yang berisis

seluruhnya dengan rumus:

$$O_i = \frac{\text{Jumlah lambung yang berisi satu jenis makanan}}{\text{Jumlah seluruh lambung yang berisi makanan}} \times 100\%$$

Dengan ketentuan:

IP > 40% sebagai makanan utama

IP 4-40% sebagai makanan tambahan

IP < 4% sebagai makanan pelengkap

4.4.6 Enzim

Pada penelitian ini, enzim pada ikan brek yang diukur aktifitasnya adalah

enzim protease, amilase dan lipase. Pada awalnya seluruh usus ikan brek yang

telah disiapkan pada botol vial, dipindahkan ke falcon ukuran 15ml lalu

ditambahkan akuades masing-masing sebanyak 2ml. Sampel usus yang telah

dihomogenkan, disentrifugasi 10.000 rpm dibawah suhu 4°C selama 20 menit.

Larutan supenatan yang didapat, digunakan sebagai sumber enzim yang dilihat

aktifitasnya. Metode awal tersebut berdasarkan dari metode yang dilakukan oleh

Radhakrishnan, et al., 2016.



4.4.6.1 Enzim Amilase

Uji enzim amilase yang dilakukan berdasarkan dari metode Al Gadri, *et al.*, (2014) dan Lestari (2018). Hal yang pertama dilakukan pada uji aktifitas enzim ini adalah dengan menyiapkan tiga tabung dengan tanda blanko, kontrol dan sampel. Pada tabung blanko diberikan 0,80 ml akuades. Tabung kontrol diberikan 0,10 ml akuades dan 0,70 ml larutan DNS 2%. Tabung sampel diberikan 0,70 ml amilum 1% dan 0,10 ml supernatan enzim. Ketiga tabung tersebut kemudian diinkubasi pada suhu 37°C selama 30 menit. Tiga tabung tersebut yang telah diinkubasi, pada tabung blanko dan sampel ditambahkan DNS 2% sebanyak 0,70 ml dan pada tabung kontrol ditambahkan 0,70 ml substrat amilum 1%. Ketiga tabung tersebut dipanaskan pada air mendidih selama 5 menit, kemudian didinginkan lalu disentrifugasi dengan kecepatan 12.000 rpm selama 10 menit. Larutan sampel, blanko dan kontrol selanjutnya diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm dengan menggunakan spektrofotometer. Aktifitas enzim amilase dihitung menggunakan rumus:

$$AE = \frac{[maltosa]}{BM \text{ maltosa}} \times \frac{v}{p \times q} \times f_p$$

Keterangan:

Maltosa : maltosa yang bereaksi
 BM maltosa : 342 g/mol
 V : volume total sampel
 p : volume ekstrak kasar enzim amilase
 q : waktu inkubasi
 Fp : faktor pengenceran

4.4.6.2 Enzim Lipase

Uji enzim lipase yang dilakukan berdasarkan dari metode Nopiani, *et al.*, (2016). Uji enzim lipase menggunakan metode titrimetri : 2 mL minyak zaitun, 1 mL buffer posfat 0,05M pH 7 dan 1 mL enzim inkubasi 35°C selama 30 menit.



Substrat enzim diinaktifkan dengan 1 mL campuran aseton : etanol (1:1) ; titrasi dengan NaOH 0,05 N menggunakan indikator PP 1%. Titrasi dihentikan pada saat terjadi perubahan warna larutan menjadi merah muda. Pengukuran Jumlah dilakukan secara duplo. Untuk penentuan blanko dilakukan dengan komposisi larutan yang sama, tetapi saat dimasukkan enzim dengan segera ditambahkan campuran aseton : etanol (1:1) 1 mL, titrasi dengan prosedur yang sama dengan analisis sampel. Analisis Jumlah lipase dihitung berdasarkan selisih volume titran sampel dengan blanko, seperti persamaan dibawah ini:

$$AE = \frac{[A-B] \times N_{NaOH} \times 1000}{VE \times t}$$

Keterangan:

A : Volume titrasi sampel (mL)

B : Volume titrasi blanko (mL)

[NaOH] : Konsentrasi NaOH (N)

t : Waktu inkubasi (menit)

VE : Volume Enzim (mL)

1000 : Nilai konversi dari mmol kedalam satuan µmol

4.4.6.3 Enzim Protease

Uji enzim protease yang dilakukan berdasarkan dari metode Solichah, *et al.*, (2012) Sebanyak 200 µl kasein 500 µg/ml dimasukkan dalam mikrotube ukuran 1,5ml , ditambah 300 µl larutan buffer fosfat pH 7 dan 100 µl enzim protease hasil isolasi, kemudian didiamkan selama 60 menit pada suhu 37°C di dalam inkubator. Kemudian ditambahkan 400 µl larutan TCA 4% (b/v) dan didiamkan selama 30 menit pada suhu ruang. Kemudian disentrifugasi dengan kecepatan 4000 rpm selama 10 menit. Supernatan diambil 1ml dan diencerkan dengan 2ml akuades lalu diukur nilai absorbansinya menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang maksimum tirosin yang diperoleh. Blanko yang digunakan dibuat dengan prosedur penentuan jumlah,



tetapi larutan kasein diganti dengan penambahan akuades. Jumlah protease kemudian diukur dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$AE = \frac{[\text{tirosin}]}{BM \text{ tirosin}} \times \frac{v}{p \times q} \times f \times p$$

Keterangan:

Tirosin : kasein yang bereaksi
 BM Tirosin : 181g/mol
 V : volume total sampel
 p : volume ekstrak kasar protease
 q : waktu inkubasi
 Fp : faktor pengenceran

4.4.7 Uji Histologi

Pengamatan mikrotanatomi usus dilakukan dengan menggunakan pengeblokan gonad, kemudian dilanjutkan dengan pembuatan preparat histologi.

Pembuatan preparat ini untuk menentukan kematangan gonad yang diamati secara histologi menggunakan metode pewarnaan *hematoxylin-eosin* (Luna, 1986 dalam Andamari et al., 2012). Berikut ini proses-proses pembuatan preparat:

a. Proses Pengambilan Organ

Proses pembedahan ikan brek ini dilakukan dengan hati-hati, ikan yang telah mati kemudian diambil ovarium atau testis dengan menggunakan pinset. Gonad ikan terletak pada saluran ke dua setelah saluran anus. Gonad ini terletak dekat dengan usus, berada di bawah bagian ginjal *vertebrae* dan umumnya gonad ikan *telestoi* berjumlah sepasang.

b. Proses Fiksasi

Proses fiksasi dilakukan dengan cara memasukkan gonad kedalam botol film yang berisi formalin 10%, lalu direndam selama 18-24 jam. Setelah itu gonad dipotong gross dengan ukuran ± 3 mm (tebal), 1 cm (lebar) dan 2 cm (panjang) agar dapat masuk ke dalam basket. Basket sampel gonad diberi kode perlakuan yang ditulis pada kertas label. Gonad diambil dari botol dengan menggunakan



pinset. Kemudian, gonad dimasukkan pada basket dan diletakkan ke dalam keranjang saring kemudian dicuci dengan air mengalir selama 15 menit.

c. Proses *Embedding*

Gonad dimasukkan pada acetone selama 1 jam sebanyak 4x ulangan (dehidrasi), xylol selama ½ jam sebanyak 4x ulangan (*clearing*). Setelah itu, gonad dimasukkan ke dalam beaker glass yang berisi parafin cair dengan suhu 55 selama 1 jam 3x ulangan (*impregnasi*) pada inkubator. Parafin cair ini kemudian dituang ke dalam kotak dan gonad ditanam ke dalamnya setelah itu didiamkan selama beberapa menit sehingga terbentuk parafin blok.

d. Proses *Sectioning*

Proses *sectioning* dilakukan dengan cara parafin blok yang sudah tertanam organ kemudian ditempel pada alas cekam *microtome rotary* selanjutnya parafin blok diletakkan pada balok es selama 15 menit lalu dicekam pada mikrotom dan di sayat dengan ketebalan 4 µm. Setelah tersayat, irisan gonad diambil dengan menggunakan kuas kecil, kemudian di masukkan pada *waterbath* dengan suhu 30°C hingga merentang. Sayatan yang sudah merentang kemudian diambil dengan menggunakan objek glass dan sayatan ini didiamkan selama kurang lebih 24 jam agar kering dan hasilnya dapat terlihat maksimal.

e. Proses *Staining*

Objek glass yang sudah tertempel irisan gonad (preparat), selanjutnya dimasukkan pada : xylol selama 15 menit 3x ulangan, alkohol 96% 15 menit 3x ulangan, dicuci air mengalir selama 15 menit, direndam *hematoxylin* selama 15 menit, dicuci air mengalir selama 15 menit, dicelupkan ke dalam alkohol asam selama 1 dip, dicuci air mengalir selama 15 menit, direndam ke dalam *litium carbonat* selama 2-20 detik, dicuci air mengalir selama 15 menit, direndam kedalam eosin selama 10 menit, direndam ke dalam alkohol 96% selama 15 menit



sebanyak 3x ulangan, dan direndam ke dalam xylo/ selama 15 menit sebanyak 3x ulangan.

f. Proses *Mounting*

Setelah melalui beberapa tahapan pembuatan preparat mikroanatomi histologi gonad, langkah selanjutnya yaitu objek glass ditetesi dengan lem dan ditutup dengan cover glass.

g. Proses *Labelling*

Pemberian label pada sampel digunakan untuk menandai sampel yang akan diamati agar lebih mudah dibedakan antar sampel sehingga sampel ini tidak tertukar dengan sampel yang lain.

h. Proses Dokumentasi

Preparat diamati di bawah mikroskop dan hasil pengamatan tersebut difoto sebagai dokumen penelitian.

4.4.8 Parameter Penunjang

4.4.8.1 Kelimpahan Plankton Perairan

a) Identifikasi Keanekaragaman Jenis

Prosedur Identifikasi keanekaragaman jenis plankton sebagai berikut :

- Air sampel pada botol sampel dihomogenkan dan diambil menggunakan pipet tetes
- 1 ml air sampel ditetaskan pada *Sedgwick rafter* kemudian ditutup dengan cover
- Diamati pada mikroskop dengan menggunakan pembesaran 100 kali
- Dicocokkan ciri-ciri taksonomi dengan buku identifikasi plankton
- Dicatat hasilnya

b) Kelimpahan Plankton

Prosedur dari pengukuran kelimpahan plankton sebagai berikut :



- Diambil sampel air menggunakan botol film
- Ditambahkan 3-4 tetes larutan lugol dan diberi kertas label sebagai penanda
- Sampel air dihomogenkan secara perlahan
- Sampel air diambil menggunakan pipet tetes kemudian diteteskan pada *Sedgwick rafter* sebanyak 1 ml
- *Sedgwick rafter* diamati dibawah mikroskop dengan pembesaran 100 kali
- Kelimpahan plankton dihitung dengan rumus modifikasi Sachlan (1982) sebagai berikut :

$$N = n \times \frac{V_r}{V_o} \times \frac{1}{V_s}$$

Keterangan:

- N = Kelimpahan Plankton (Ind/L)
- n = Jumlah Plankton yang teridentifikasi
- V_r = Volume yang tersaring (ml)
- V_o = Volume air yang diamati (ml)
- V_s = Volume air yang disaring (L)

4.4.8.2 Parameter Kualitas Air

Kualitas air merupakan parameter yang menunjang kehidupan bagi ikan di alam karena secara langsung maupun tidak langsung dapat mempengaruhi biologis ikan tersebut. Untuk sistem pencernaan ikan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor parameter kualitas air. Adapun parameter yang memiliki pengaruh yang besar untuk hal tersebut, yaitu: pH (Derajat Keasaman), suhu dan DO (*Dissolved Oxygen*).

a. Derajat Keasaman (pH)

Derajat keasaman atau pH diukur langsung di lapang, yaitu dengan mencelupkan pH meter ke dalam sampel air. Kemudian ditunggu hingga angka pada pH meter konstan (tidak berubah).



b. Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan thermometer air raksa. Thermometer dicelupkan ke dalam air 2 – 3 menit hingga air raksa berhenti bergerak, pengukuran suhu ini dengan membelakangi arah datang cahaya matahari.

c. DO (*Dissolved Oxygen*)

DO (*Dissolved Oxygen*) diukur menggunakan DO meter. DO meter dihidupkan kemudian katoda dicelupkan ke dalam air, lalu ditunggu hingga angka yang muncul pada DO meter tidak berubah. Kemudian data yang didapat diolah dan dianalisis.

4.5 Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dan dikembangkan menjadi susunan data yang komperhensif dan obyektif. Hasil Identifikasi usus ikan akan didapatkan berupa kelimpahan dan keragaman plankton untuk mengetahui jenis makanan ikan tersebut. Hasil Uji Enzim berupa nilai yang berguna untuk membedakan nilai enzim yang berbeda. Sedangkan hasil Uji Histologi usus ikan berupa gambar yang berguna untuk membedakan panjang dan ketebalan villi usus ikan.

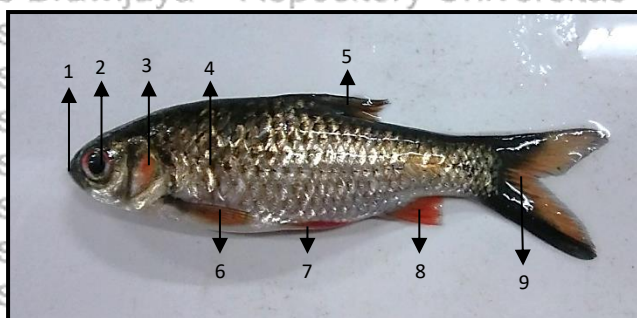
5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Morfologi dan Morfometri Ikan Brek (*Puntius orphoides*)

Selama penelitian diperoleh 20 ekor larva ikan brek dan 24 ekor ikan brek remaja di UPT-PBAT Umbulan. Diperoleh ikan remaja dengan kisaran panjang totalnya 4,2 cm sampai dengan 10,4 cm. Hasil berat ikan berkisar antara 0,8 gr sampai 12,54 gr.

Ikan brek memiliki bentuk tubuh *compressed* yang berwarna kehitaman disepanjang punggungnya dan keemasan di badannya. Ikan ini juga memiliki sungut di dekat mulutnya. Adapun sirip-sirip yang melengkapi ikan brek ini diantaranya adalah sirip punggung, sepasang sirip dada, sepasang sirip perut, sepasang sirip anus, dan sirip ekor. Pada sirip punggung tersusun atas 2 jari-jari lunak mengeras dan 8 jari-jari lunak (D.ii.8), sirip dada tersusun atas 13 jari-jari lunak (P.13), sirip perut tersusun atas 8 jari-jari lunak (V.8), sirip anus tersusun atas 5 jari-jari lunak (A.5), dan sirip ekor ikan brek betina tersusun atas 17 jari-jari lunak (C.17). Tubuh ikan brek ditutupi oleh sisik-sisik *sikloid*. Ikan brek memiliki mata, tutup operculum, sirip perut, sirip anus, dan sirip ekor yang berwarna merah.

Morfologi dan Morfometri ikan brek dapat dilihat pada **Gambar 8** dan **Lampiran 3**.



Gambar 8 Morfologi Ikan Brek : 1. Mulut, 2. Mata, 3. *Operculum*, 4. *Linea Lateralis*, 5. Sirip Punggung, 6. Sirip Dada, 7. Sirip perut, 8. Sirip Anus, 9. Sirip Ekor

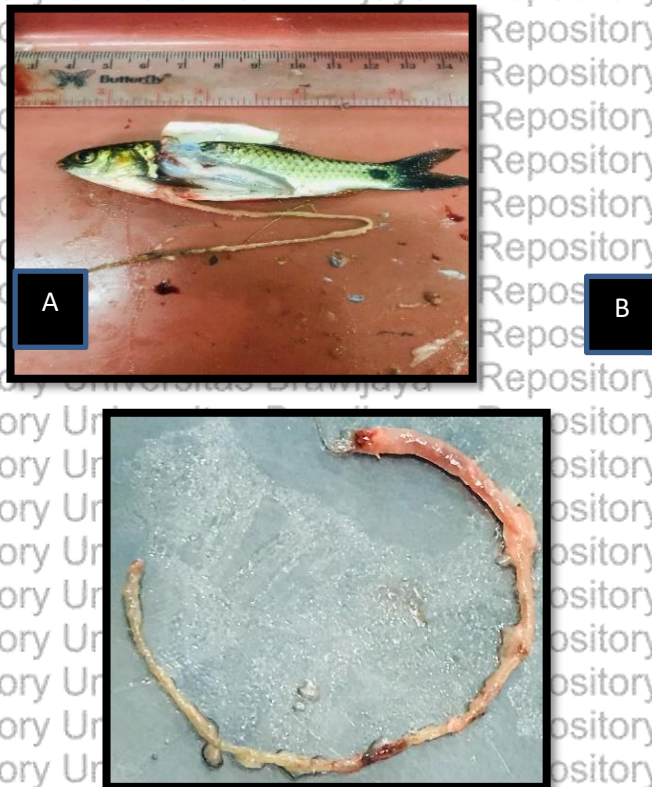
Tidak ada ciri khusus pada tubuh luar ikan brek untuk membedakan antara ikan jantan dan ikan betina. Ikan brek jantan dan betina dapat dibedakan ketika ukuran tubuhnya minimal mencapai 10 cm. Ikan brek jantan pada bentuk tubuhnya terlihat lebih ramping dibandingkan dengan ikan brek betina, pada ikan brek betina tubuhnya lebih besar terutama pada bagian perut. Selain dari ciri sekunder, untuk membedakan ikan brek jantan dan betina bisa dilakukan *striping* yaitu pengurutan daerah perut ke arah lubang genitalnya.

5.2 Pembedahan Ikan

Pembedahan Ikan brek dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi Ikan, Pembenihan dan Pemuliaan Ikan EPIKUB. Pembedahan ditujukan untuk mengambil usus dan lambung ikan yang digunakan untuk analisis lanjutan yaitu, Identifikasi Plankton, Uji Enzim dan Uji Histologi. Langkah pertama ikan diukur panjang tubuhnya menggunakan penggaris dan mengukur berat tubuhnya menggunakan timbangan digital. Kemudian, ikan diletakkan diatas nampan menggunakan lap basah agar ikan tenang. Kemudian ikan ditusuk bagian kepalanya agar langsung mati. Kemudian, dibuat sayatan menggunakan *sectio set* dari bagian belakang anus hingga belakang sirip vertoralis. Dibuat seperti bagian dari persegi panjang. Setelah itu gunting bagian dari persegi panjang yang sudah disayat namun tidak sampai mengenai bagian dalam. Setelah kulit dan daging ikan terbuka, diambil usus dan lambung ikan. Usus yang didapatkan memiliki panjang 2-3 kali lipat panjang tubuh ikan. Lambung yang didapatkan tidak memiliki struktur lambung sejati, dimana struktur lambung menyatu mirip dengan usus dengan ukuran yang lebih besar. Kemudian usus dibagi menjadi 2 bagian untuk digunakan identifikasi plankton dan uji histologi. Sedangkan lambung ikan juga dibagi menjadi



2 bagian untuk digunakan identifikasi plankton dan uji aktivitas enzim. Gambaran usus setelah dibedah dan diletakkan di cawan petri dapat dilihat pada **Gambar 9**.



Gambar 9. Pembedahan Ikan. A) Usus Ikan yang Dibedah, B) Penampang Usus

Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa usus ikan brek memiliki panjang 2 hingga 3 kali lipat tubuhnya dan memiliki gurat-gurat disisinya. Hal ini dapat disimpulkan bahwasannya ikan brek dapat digolongkan kedalam jenis herbivora.

Hal ini sesuai dengan pendapat (Rahardjo, 1980), bahwasannya ikan herbivora memiliki usus yang memiliki gurat-gurat sepanjang ususnya.

5.3 Identifikasi Plankton

Identifikasi Plankton ditujukan untuk menganalisis makanan yang dimakan oleh ikan brek yang bertujuan untuk mengetahui jenis makanan ikan tersebut.

Hasil yang didapat dari penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3**.



Tabel 3. Isi Lambung Ikan Brek (*Puntius orphoides*)

Divisi/Filum	Genus	Jumlah Individu
(Divisi) Chlorophyta	Ankistrodesmus	12
	Groenbladia	21
	Scenedesmus	275
	Selenastrum	1
	Spirogyra	68
	Anchanthes	26
	Cyclotella	15
	Navicula	348
	Neidium	10
	Nitzschia	646
(Divisi) Bacillariophyta	Pinnularia	216
	Synedra	45
	Tabellaria	3
	Cyclops	2
(Filum) Arthropoda		
Total		1688

Data tersebut dapat dilihat bahwa plankton yang ada di usus dan lambung ikan terdapat fitoplankton dan zooplankton. Hasil tersebut dominan lebih banyak fitoplankton daripada zooplankton dikarenakan beberapa aspek. Pertama dikarenakan ukuran ikan yang masih tergolong kecil belum dewasa dan yang kedua dikarenakan beberapa ikan mengalami kekosongan lambung ikan saat dibedah. Klasifikasi plankton dapat dilihat pada **Lampiran 4**.

Hal ini sesuai dengan pendapat Sjafei (2001), bahwa lambung ikan bisa kosong karena makanan ikan dalam keadaan lapar, sehingga tidak ditemukan makanan di dalam lambungnya.

5.4 Persentase Bobot Satu Jenis Makanan

Persentase bobot satu jenis makanan digunakan sebagai penentu makanan utama, makanan tambahan dan makanan pelengkap ikan brek sehingga dapat diketahui pola makanan dari isi lambungnya. Persentase bobot makanan ikan brek diperoleh berdasarkan analisis isi lambung dapat dilihat pada **Tabel 4**.

Tabel 4. Persentase Jenis Makanan

Jenis Makanan	Jumlah Lambung yang Mengandung Jenis Makanan i	% Poporsi Makanan
---------------	--	-------------------

5.5.1 Enzim Amilase

Saluran pencernaan menghasilkan sejumlah enzim, salah satunya adalah enzim amilase. Enzim amilase merupakan enzim yang dihasilkan oleh saluran pencernaan. Enzim amilase merupakan enzim yang mampu mengkatalis proses hidrolis pati untuk menghasilkan molekul lebih sederhana seperti glukosa, maltose dan dekstrin (Nangin dan Sutrisno, 2015). Data hasil perhitungan aktivitas enzim amilase yang diperoleh selama penelitian untuk larva masing-masing memiliki nilai yang tidak jauh berbeda yaitu 0,051 dan 0,052. Hal ini dikarenakan umur ikan yang masih muda sehingga sistem pencernaan belum optimal. Sedangkan untuk ikan brek remaja memiliki nilai tertinggi 0,345 pada sampel ikan nomor 14 dan nilai terendah 0,064 pada sampel ikan nomor 8. Nilai yang berbeda dikarenakan ukuran ikan yang berbeda sehingga sistem pencernaan ikan juga berbeda. Pengolahan data dilanjutkan menggunakan rumus perhitungan. Hal ini dimaksudkan untuk mengetahui nilai aktivitas enzim amilase yang tertinggi. Nilai aktivitas enzim amilase dapat dilihat pada **Tabel 5** dan perhitungannya dapat dilihat pada **Lampiran 6**.

Tabel 5. Nilai Enzim Amilase (U/mL)

1	2	3	4	5	6	7	8
78	108	51	66	78	156	45	42
9	10	11	12	13	14	15	16
99	81	84	552	411	885	744	372
17	18	19	20	21	22	23	24
486	255	375	429	867	225	216	477
1	2						
3	6						

Keterangan:

Angka 1-24 Hijau : Sampel Ikan Brek Remaja

Angka 1-2 Biru : Sampel Larva Ikan Brek

Warna Kuning : Jumlah Enzim Tertinggi

Warna Merah : Jumlah Enzim Terendah



Hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa sampel ikan nomor 14 memiliki nilai tertinggi yaitu 885 U/mL dan sampel ikan nomor 8 memiliki nilai terendah yaitu 42 U/mL.

5.5.2 Enzim Protease

Selain enzim amilase, enzim protease juga dihitung aktivitas enzimnya. Hal ini karena protease merupakan enzim yang dihasilkan oleh saluran pencernaan.

Enzim protease berfungsi menghidrolisis ikatan peptida pada protein menjadi oligopeptida dan asam amino. Kerja enzim protease atau aktivitas protease dapat dihitung dalam satuan U (unit) per mL ekstrak enzim (Cholique, 2008). Data hasil perhitungan aktivitas enzim protease yang diperoleh selama penelitian untuk larva masing-masing memiliki nilai yang tidak jauh berbeda yaitu 0,05 dan 0,048. Hal ini dikarenakan umur ikan yang masih muda sehingga sistem pencernaan belum optimal. Sedangkan untuk ikan brek remaja memiliki nilai tertinggi 0,756 pada sampel ikan nomor 19 dan nilai terendah 0,071 pada sampel ikan nomor 8. Nilai yang berbeda dikarenakan ukuran ikan yang berbeda sehingga sistem pencernaan ikan juga berbeda. Pengolahan data dilanjutkan menggunakan rumus perhitungan. Nilai enzim protease dapat dilihat pada **Tabel 6** dan perhitungannya dapat dilihat pada **Lampiran 7**.

Tabel 6. Nilai Enzim Protease (U/mL)

1	2	3	4	5	6	7	8
15,25	12,59	14,96	24	26,92	22,82	27,75	26,75
9	10	11	12	13	14	15	16
24,52	28,26	67,4	26,17	33,29	32,39	19,91	10,66
17	18	19	20	21	22	23	24
10,11	72,67	20,57	9,79	40,32	10,52	78,6	62,45
1	2						
4,34	3,89						

Keterangan:
Angka 1-24 Hijau : Sampel Ikan Brek Remaja



Angka 1-2 Biru : Sampel Larva Ikan Brek
Warna Kuning : Jumlah Enzim Tertinggi
Warna Merah : Jumlah Enzim Terendah

Hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa nilai tertinggi pada ikan sampel nomor 18 dengan nilai 72,67 U/mL dan nilai terendah pada ikan sampel nomor 17 dengan nilai 10,11 U/mL.

5.5.3 Enzim Lipase

Enzim lipase adalah enzim yang bekerja untuk menghidrolisis lemak dan minyak menjadi asam lemak dan gliserol yang dibutuhkan dalam proses metabolisme. Enzim lipase ini dapat memecah ikatan ester pada lemak sehingga menjadi asam lemak dan gliserol (Supriyatna, *et al.*, 2015). Data hasil perhitungan aktivitas enzim lipase yang diperoleh selama penelitian untuk larva masing-masing memiliki nilai yang tidak jauh berbeda yaitu 0,08 dan 0,07. Hal ini dikarenakan umur ikan yang masih muda sehingga sistem pencernaan belum optimal. Sedangkan untuk ikan brek remaja memiliki nilai tertinggi 1 pada ikan sampel nomor 6 dan nilai terendah 0,2 pada ikan sampel nomor 4. Nilai yang berbeda dikarenakan ukuran ikan yang berbeda sehingga sistem pencernaan ikan juga berbeda. Nilai enzim lipase dapat dilihat pada **Tabel 7** dan perhitungannya dapat dilihat pada **Lampiran 8**.

Tabel 7. Nilai Enzim Lipase (U/mL)

1	2	3	4	5	6	7	8
1	1,7	0,7	2	3,9	1,6	1,2	2
9	10	11	12	13	14	15	16
1,9	1,5	11,5	2	1,9	1,2	1,625	1,65
17	18	19	20	21	22	23	24
1,6	1,655	2	2,01	1,25	1,575	1,2	1,2
1	2						
0,15	0,05						

Keterangan:

Angka 1-24 Hijau : Sampel Ikan Brek Remaja

Angka 1-2 Biru : Sampel Larva Ikan Brek



Warna Kuning : Jumlah Enzim Tertinggi
Warna Merah : Jumlah Enzim Terendah

Hasil perhitungan diatas dapat dilihat bahwa nilai tertinggi pada ikan sampel nomor 11 dengan nilai 11,5 U/mL dan nilai terendah pada ikan sampel nomor 3 dengan nilai 0,7 U/mL.

5.5.4 Pembahasan Enzim

Menurut Zonneveld *et al.*, (1991), enzim-enzim yang berperan dalam pencernaan adalah protease, amilase dan lipase yang mengkatalisis pemecahan nutrisi kompleks (protein, karbohidrat dan lemak) menjadi nutrisi sederhana. Aktivitas amilase semakin meningkat dengan meningkatnya ukuran ikan. Ikan herbivora memiliki Aktivitas amilase lebih tinggi daripada Aktivitas protease dan lipase. Demikian juga Aktivitas protease dan lipase ikan omnivora dan karnivora lebih tinggi dari pada amilasennya (Furne *et al.*, 2008). Aktivitas enzim pencernaan berkorelasi dengan jumlah enzim yang terdapat pada tempat pencernaan berlangsung. Mengingat bahwa enzim-enzim pencernaan dihasilkan oleh Hati, Lambung dan Kelenjar Empedu sedangkan sekresinya ke dalam tempat yang sama yaitu usus halus (intestine).

Hasil data perhitungan uji enzim diatas didapatkan nilai berturut-turut untuk enzim amilase, enzim protease dan enzim lipase yaitu: enzim amilase larva ikan (3 dan 6 U/ml) dan ikan remaja (42-885 U/ml), untuk enzim protease larva ikan (3,89 dan 4,34 U/ml) dan ikan remaja (10,11-72,67 U/ml) dan untuk enzim lipase larva ikan (0,05 dan 0,15 U/ml) dan ikan remaja (0,7-11,5 U/ml).

Hasil data diatas dapat disimpulkan bahwasannya ikan brek dapat digolongkan ke dalam herbivora. Hal ini dikarenakan ikan brek memiliki amilase tertinggi, protease kedua dan lipase terendah.



Menurut Masyamsir (2001), menyatakan bahwa ikan herbivora memiliki aktivitas karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan ikan karnivora. Aktivitas karbohidratnya >50%. Sedangkan untuk ikan karnivora memiliki aktivitas protein yang lebih tinggi.

Menurut Gawlicka *et al.* (2004), menyatakan bahwa ikan herbivora memiliki lipase yang lebih tinggi karena untuk menyerap lipid dari fitoplankton agar lebih maksimal. Sedangkan ikan karnivora kandungan lipid di makanannya lebih banyak jadi tidak perlu mengekspresikan enzim lipase terlalu tinggi karena lemak sudah terpenuhi.

Menurut Salman *et al.* (2010), enzim amilase pada herbivora memiliki nilai tertinggi, omnivora kedua dan karnivora terendah. Sedangkan ikan yang dipelihara di kolam lebih memiliki nilai lebih tinggi dibandingkan yang liar (Keshavanath *et al.*, 2002).

Menurut Saoud (2004), ikan herbivora memiliki 90,01% fitoplankton dan 9,99% alga. Sedangkan omnivora memiliki 61,49% siput-siputan, 27,26% bahan organik dan 10,15% tumbuhan air. Sedangkan karnivora memiliki 57,14% ikan, 33,33% crustacea dan 9,25% serangga.

5.6 Histologi Usus

Pengamatan histologi usus ikan brek dilakukan melalui beberapa proses, yang pertama dilakukan pengambilan organ usus dengan melakukan pembedahan pada ikan dengan teliti karena ikan brek rata-rata berukuran kecil, sehingga usus ikan tidak hancur. Letak usus berada ditengah tubuh ikan dibawa gelembung renang dan gonad ikan brek. Kemudian dilakukan proses fiksasi, embedding, sectioning, staining, mounting dan labelling dilakukan di Laboratorium

Anatomi Histologi Fakultas Kedokteran Universitas Brawijaya Malang. Hasil dari

histologi usus ikan brek dapat dilihat pada **Gambar 10** dan sampel yang lain disajikan pada **Lampiran 9**.



Gambar 10. Gambaran Histologi Usus Ikan Brek

Keterangan :

Huruf (a,b,c,d) : Titik Perhitungan Panjang dan Lebar Vili Usus

Garis Hitam : Panjang Vili Usus

Garis Merah : Lebar Vili Usus

banyak memiliki vili dibandingkan usus belakang. Permukaan epitel mukosa usus belakang berlekuk-lekuk, terlihat adanya perbedaan panjang mikrovili. Ukuran mikrovili menurut hasil penelitian Kuperman dan Kuz'mina (1994) mempengaruhi proses penyerapan. Mikrovili yang panjang lebih cepat menyerap makanan dibandingkan dengan mikrovili yang pendek dan keberadaan mikrovili merupakan salah satu cara memperluas proses absorbs terhadap zat makanan.

Dari **Gambar 11** dan **Tabel 8** dapat dilihat bahwa panjang dan lebar vili usus ikan brek dapat digolongkan kedalam ikan herbivora. Panjang vilis usus ikan



brek terpanjang yaitu 607,46 μm dan yang terpendek yaitu 71,58 μm . Sedangkan lebar vili usus ikan brek terlebar yaitu 101,24 μm dan tersempit yaitu 34,605 μm . Hal ini sesuai dengan pendapat Zuliani *et al* (2016) yang menyatakan bahwasannya panjang vili usus ikan herbivora memiliki panjang antara 223,69 μm – 614,97 μm .

Alat pencernaan pada ikan sering berbeda antar satu spesies dengan spesies lainnya. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan dalam pola adaptasi terhadap makanannya. Salah satu alat pencernaan yang sering mengalami adaptasi adalah usus. Ikan omnivore tidak mempunyai lambung yang sebenarnya, walaupun ada maka merupakan lambung palsu yang merupakan penggelembungan usus bagian depan.

Usus ikan adalah salah satu organ pencernaan yang berfungsi sebagai penyerapan zat nutrisi yang diperlukan oleh tubuh ikan. Proses pencernaan khususnya pada proses penyerapan dapat dilihat dari struktur anatomi usus ikan. Bentuk dan panjang usus ikan bervariasi yang sesuai dengan kebiasaan makan ikan tersebut. Ikan herbivora memiliki usus lebih panjang daripada usus ikan omnivora dan karnivora. Usus ikan memiliki bagian usus depan, usus tengah dan usus belakang (Murray *et al*, 1996 dan Tengjaroenkul, 2000).

Struktur histologis bagian tunika mukosa usus pada spesies ikan juga memiliki variasi, ada yang memiliki vili yang panjangnya berbeda pada setiap bagian usus, lekukan permukaan vili juga berbeda dan jumlah sel gobletnya juga berbeda pada setiap bagian usus (Kuperman dan Kuz'mina, 1994).

5.7 Kelimpahan Plankton Perairan (Identifikasi Keanekaragaman Jenis)



Komposisi plankton yang diperoleh selama penelitian terdiri dari 20 genus terbagi dalam 18 genus fitoplankton dan 2 genus zooplankton. Fitoplankton terdiri dari 4 kelas yaitu Chlorophyta, Bacillariophyta, Cyanophyta dan Dinophyta, sedangkan zooplankton terdiri dari 2 kelas yaitu Arthropoda dan Rotifera. Dapat dilihat pada **Tabel 8** dan **Lampiran 10**.

Tabel 8. Kelimpahan Genus dan Kelas Plankton

Kelompok	Kelas	Jumlah Genus
Fitoplankton	Chlorophyta	9
	Bacillariophyta	7
	Cyanophyta	1
	Dinophyta	1
Jumlah	4	18
Zooplankton	Arthropoda	1
	Rotifera	1
Jumlah	2	2

Pada Tabel diatas terlihat pada kelompok fitoplankton, genus yang terbanyak berasal dari kelas Chlorophyta dan Bacillariophyta, genus paling sedikit berasal dari Cyanophyta dan Dinophyta, sedangkan dari kelompok zooplankton sama sama memiliki jumlah genus yang sedikit. Dari data diatas dapat dilihat bahwa persentase genus Chlorophyta dan Bacillariophyta mendominasi, yaitu 50% dan 39% dari seluruh genus fitoplankton yang ditemukan.

Kelimpahan plankton yang ditemukan selama penelitian bervariasi. Kelimpahan plankton tertinggi yaitu 207 ind/L dari kelas Bacillariophyta dengan genus yang paling banyak ditemukan adalah Nitzschia.

5.8 Parameter Kualitas Air

Hasil pengamatan kualitas air yang dilakukan pada saat pengambilan sampel ikan brek dilakukan sebanyak 2 kali saat pengambilan sampel, yaitu pada pukul 08:00 dan pukul 18:00 di UPT-PBAT Umbulan, Pasuruan, Jawa Timur. Hal



tersebut dilakukan agar mendapatkan nilai kualitas air kisaran rendah dan tinggi pada lokasi tersebut. Data yang didapatkan pada kisaran suhu 22-24°C, pH 7-8 dan DO 4-5 mg/L.

5.8.1 Suhu

Selama penelitian suhu berkisar antara 22-24°C. Menurut Boyd dan Köppler (1979), suhu perairan yang diperoleh masih mendekati suhu yang optimum untuk pertumbuhan ikan pada umumnya yaitu 25-30°C. Pengukuran suhu dilakukan pada pagi hari dan malam hari untuk mendapatkan nilai yang optimal. Hal ini dilakukan karena ikan brek juga banyak tertangkap pada pagi hari. Kisaran suhu tersebut juga mendukung untuk pertumbuhan fitoplankton yang merupakan makanan ikan brek. Kisaran suhu untuk mendukung pertumbuhan fitoplankton di perairan antara 20-30°C (Effendie, 2003). Menurut Salman *et al.* (2010), ikan tawar memiliki suhu standar pada nilai 22-24°C.

Menurut Hadi (2006), ada beberapa faktor mengatur keseimbangan suhu yakni curah hujan, penguapan, kelembaban, suhu udara, kecepatan angin dan penyinaran matahari.

5.8.2 Derajat Keasaman (pH)

Nilai pH yang terukur selama penelitian berkisar antara 6,7. Derajat keasaman (pH) mempunyai peranan yang sangat penting bagi kehidupan organisme di perairan. pH erat kaitannya dengan reaksi kimia disuatu perairan. Seperti yang dikemukakan oleh Suwarsih *et al.* (2016), derajat keasaman (pH) air menunjukkan kadar ion hydrogen atau proton yang terkandung dalam suatu



perairan. Menurut Salman *et al.* (2010), ikan tawar memiliki pH standar pada nilai 7,8-8,2.

5.8.3 Oksigen Terlarut (DO)

Nilai pH oksigen terlarut yang diperoleh selama penelitian berkisar antara 4-7 mg/L. Menurut Swingle (1969) dalam Effendi (2003), menyatakan bahwa semua organisme akuatik membutuhkan oksigen terlarut dalam jumlah cukup untuk melakukan aktifitas fisiologi. Kisaran oksigen terlarut yang ditemukan selama penelitian dipandang mampu mendukung kehidupan ikan brek. Menurut Salman *et al.* (2010), ikan tawar memiliki oksigen terlarut standar pada nilai 7,5-8,5.

Menurut Salmin (2005), menyatakan bahwa oksigen terlarut merupakan salah satu parameter perairan yang menentukan kualitas suatu perairan. Menurut Effendie (2003), menyatakan bahwa kebutuhan oksigen sangat dipengaruhi oleh suhu dan aktifitas organisme.



6. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilaksanakan dapat diperoleh kesimpulan bahwasannya pola makan ikan brek digolongkan kedalam ikan herbivora berdasarkan hal berikut :

1. Identifikasi isi lambung ikan (kebiasaan makan) didapatkan hasil fitoplankton yang terdiri dari 4 kelas fitoplankton yaitu Chlorophyta 45%, Bacillariophyta 35%, Cyanophyta 5% dan Dinophyta 5%. Sedangkan zooplankton terdiri dari 2 kelas yaitu Athropoda 5% dan Rotifera 5%. Dari data tersebut ikan brek memiliki isi 90% fitoplankton dan 10% zooplankton.

2. Uji enzim ikan brek yang didapatkan yaitu: enzim amilase tertinggi 885 U/ml dan terendah 42 U/ml, enzim protease tertinggi 72,67 U/ml dan terendah 10,11 U/ml dan enzim lipase tertinggi 11,5 U/ml dan terendah 0,7 U/ml. Dari data tersebut ikan brek memiliki aktivitas amilase tertinggi dibandingkan dengan protease dan lipase.

3. Uji histologi jaringan usus ikan brek didapatkan panjang villi usus terpanjang 607,46 μm dan terpendek 71,58 μm dan lebar villi usus terlebar 101,24 μm dan tersempit 34,605 μm .

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan yaitu dari ketiga data diatas yang dapat menjadi penunjang pola makan ikan brek dapat dijadikan upaya untuk keberhasilan budidaya ikan brek.



DAFTAR PUSTAKA

- Affandi, R., D.S. Sjafei, M.F. Raharjo, dan Sulistiono. 2004. Fisiologi Ikan Pencernaan Dan Penyerapan Makanan, Departemen Manajemen Sumber Daya Pertanian, Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor. Bogor: Ipb. 215 pages.
- Afrianto, E., dan E. Liviawaty. 2005. Pakan Ikan. Kanisius : Yogyakarta. 149 pages.
- Agus, 2011. Penilaian Kualitas Air dan Kajian Potensi Situ Salam Sebagai Wisata Air Universitas Indonesia, Depok. FMIPA. UI.
- Al Gadri, S. F., Untung, S. dan Slamet, P. 2014. Kadar Protease dan Amilase Pada Hepatopankreas dan Intestine Ikan Nilem *Osteochilus hasselti* C.V. *Scripta Biologica*. Fakultas Biologi, Universitas Jendral Soedirman. Purwokerto. 1(1): 43-48 p.
- Aliza., Ali. dan Zamri, M. 2015. Development of Play Based Instruction Module for Teaching Prescoolers Language Skills. *Australian Journal of Basic Applied Sciences*. 9(34): 110-118 p.
- Andamari 2012, R., Hutapea, J. H. dan Prisantoso, B. I. 2012. Aspek Reproduksi Ikan Tuna Sirip Kuning (*Thunnus albacares*). *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 4: 89-96 p.
- Arunsasi, Manthiri K. S., Jegaadeesh G., dan Ravikumar M. 2010. *Submerged Fermentation Of Amylase Enzyme By aspergillus Flavus Using Cocos Nucifera Meal*. Kathmandu University Journal Of Science, Engineering And Technology, Department of plant biology and plant biotechnology Govt.. Arts College for men's, Nandanam, Chennai. 6(2): 75-87 p.
- Asnani, A., dan Puji, L. 2009. Kadar Amilase, Lipase dan Protease dari Cacing *Peyronix excavates*. *Jurnal Penelitian*. Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman. 23-37 p.
- Azis, P. 2012. Enzim dan Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Laju Reaksi Enzim *Addition material* for FIK Biochemical Experiment Class. 135 pages.
- Berra, T. M. 2001. *Freshwater Fish Distribution*. San Diego: Academic Press. 604 pages.
- Boeuf, G. dan Payan, P. 2001. How Should Salinity Influence Fish Growth. *Comp. Blocherm Physiol C Toxicol Pharmacol*. 130: 311-423 p.
- Boyd, C. E. dan Kopler, E. L. 1979. Water Quality Management in Pond Fish Culture Research and Development Series No. 22 International Center for Aquaculture. Agriculture Experiment Satation Alabama. Auburn University. 30 p.



Craig, S. dan Helfrich, L. A. 2002. Understanding Fish Nutrition, Feeds and Feeding. Cooperative Extension Service Publication. Virginia State University. USA. 420-526 p.

Choliq, A. 2018. Aktivitas Enzim Protease dari *Mucor javanicus* yang Ditumbuhkan Pada Media Tepung Singkong (*Mannihot utilissima*). Jurnal Penelitian. Bogor: Bidang Mikrobiologi. Pusat Penelitian Biologi. LIPI. 37-56 p.

Colville, T. dan Bassert, J. M. 2002. Clinical Anatomy and Physiology for Veterinary Technicians. Philadelphia: Mosby. 378 pages.

Cuvier, G. dan A. Valenciennes. 1842 (Aug.) [ref. 1009] Historie naturelle des poissons. Tome seizieme. Livre dix-huitieme. Les Cyprinoides. 16: 1-472 p. 456-487 p.

Dixon, M. dan Webb, E. C. 1978. Enzymes. New York: Academica Pr. 203-237 p.

Effendie, M. I. 1979. Metode Biologi Perikanan. Bogot. Yayasan Dewi Sri. 111 pages.

Effendie. 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusantara. Yogyakarta. 163 pages.

Effendie, M. I. 2002. *Biologi Perikanan*. Bogor: Yayasan Pustaka Nusantara.

Effendie, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta. 258 pages.

Erfanullah dan Jafri, A. K. 1998. *Animal Physiology*. Mechanism and Adaptation. Prentice and Hall. New York.

Enwistle, T. dan Stephen, S. 2002. Non-Marine Algae of Australia: 4. Floristic Survey of Some Colonial Green Macroalgae (*Chlorophyta*). Telopea. 9(3): 725-739 p.

Fajarwati, E. N. 2006. Aspek eko-biologi ikan lalawak (*Barbodes balleroides*) pada berbagai ketinggian tempat di Kabupaten Sumedang, Jawa Barat. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Furne, M., Hidalgo, M. C., Lopez, A., Garcia-Gallego, M., Morales, A. E., Domezain, A., Domezaine, J. dan Sanz, A. 2005. Digestive Enzyme Activities in Adriatic Surgeon (*Acipenser naccarii*) and Rainbow Trout (*Onchorynchus mykiss*): A Comparative study. *Aquaculture*. 250: 391-398 p.

Furuichi, M. 1988. *Carbohydratea*. Fish Nutrition and Mariculture. Tokyo, Department of Aquatic Biosciences. University of Fisheries. 44-55 p.

Gawlicka, M.G., J. Bacon, H.H. Hom, N. Ross, I. Opstad, and O.J. Torrissen. 2000. activity of digestive enzymes in yolk-sac larvae of atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*): indication of readiness for first feeding. *aquaculture Journal*. 184: 303-314 p.



Geneser, F. 1994. Buku Teks Histologi. Binarupa Aksara: Jakarta. 269-297 pages.

Goddard, S. 1996. Feed Management in Intensive Aquaculture. Chapman and Hall, New York. 155-158 pages.

Gordon, M. S. 1979. Animal Physiology. Mc Milan Publishing Co. 101 pages.

Guyton, A. C. dan Hall, J. E. 1997. Buku Ajar Fisiologi Kedokteran. 9. Jakarta: EGC.

Hadi, M. P. 2006. Pemahaman Karakteristik Hujan Sebagai Dasar Pemilihan Model Histologi, Studi Kasus di DAS Hulu Bengawan Solo. Foun Geografi. 20(1): 2-13 p.

Hamilton, P. B., Katarzyna, S. S., Wolf, H. K., Andreanne, B. dan Regina, J. 2019. Typifcation of the Puzzling Diatom Species *Neidium iridis* (Neidiaceae). Plant Ecology and Evolution. 152(2): 392-401 p.

Hammy., Mulyani, S., Masyitha, D., Wahyuni, S. dan Jalaluddin, M. 2015. Morfologi Anatomi dan Histologi Usus Biawak Air (*Varanus salvator*). J Veteriner. 16(2): 152-158 p.

Handajani, H. dan Wahyu, W. 2010. *Nutrisi Ikan*. Malang: UMM Press.

Handajani, H. 2011. Optimalisasi Subtitusi Tepung *Azolla* Terfermantasi Pada Pakan Ikan Untuk Meningkatkan Produktivitas Ikan Nila Gift. *Jurnal Teknik Industri*. Jurusan Perikanan Uiversitas Muhammadiyah Malang: Malang. Vol. 12(2): 177-181 p.

Haryono. 2001. *Pertumbuhan Ikan Nila Gift yang Diberi Pakan dengan Sumber Protein Hewani Berbeda*. LIPi. Bengkulu Selatan.

Haryono, Rahardjo, M. F., Mulyadi dan Ridwan, A. 2014. Pola Pertumbuhan dan Nisbah Ikan Brek (*Puntius orphoides* Vall. 1842) Pada Habitat yang Terfegmentasi di Sungai Serayu Jawa Tengah. *Jurnal Biologi Indonesia*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 10(2): 297-305 p.

Hepher, B. 1988. *Nutrition on Pond Fish*. Cambridge University Press. Cambridge.

Herawati, T., Ayi, Y. dan Yuli, A. 2015. Relasi Panjang Berat dan Aspek Reproduksi Ikan Beureum Panom (*Puntius orphoides*) Hasil Dokumentasi Pelestarian Perikanan Umum dan pengembangan Ikan Hias (BPPPU) Cianjur Jawa Barat. *Prosiding Seminar Nasional*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Padjajaran. 393-400 p.

Hibiya, T. dan Fumio, T. 1995. An Atlas of Fish Histology: Normal and Pathological Features. Vol. 2. Japan. Kodansha Ltd.

Hidayat, D., Ade, D. S. dan Yulisman, 2015. Kelangsungan Hidup Pertumbuhan dan Efisiensi Pakan Ikan Gabus (*Chana striata*) yang Diberi Pakan Berbahan



- Baku Tepung Keong Mas (*Pomacea* sp.). Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia. ISSN 2303-2690. 1(2): 161-172 p.
- Hoole, D., Bucke, D., Burgess, P. dan Wellby, I. 2001. Diseases of Carp and other Cyprinid Fishes. Blackwell Science. Usa. 264 pages.
- Indira, F. 2011. Kadar Enzim Saluran Pencernaan Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Pakan Mengandung Tepung dan Daun Lamtoro (*Leucaena leucophala*) Terhidrolisis dan Tanpa Hidrolisis dengan Ekstrak Enzim Cairan Rumen Domba. *Bioscientiae*. 8(2): 16-31 p.
- Irianto, A. 2005. Patologi Ikan Teleostei. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Isnaeni, W. 2006. Fisiologi Hewan. Kanisius:Yogyakarta.
- Joyce, C. 2015. The Ocean's Tiniest Life at the Bottom of the Food Chain. Morning Edition.
- Kapustin, D., Patrick, K., Anton, G. dan Maxim, K. 2019. Four New Species of *Cymbella* (*Bacillariophyta*) From the Ancient Malili Lakes (Sulawesi Island, Indonesia). *Botaniceskiy Zhurnal*. 104(5): 766-780 p.
- Khondker, M., Rauf, A. B., Jenat, Y., Munirul, A., Bradley, R. S., Anwar, H., Rita, R. dan Colwell. 2007. New Records of Phytoplankton for Bangladesh. 4. *Chlorococcales*. Bangladesh J. Plant Taxon. 14(2): 83-91 p.
- Kordi, M. G. dan Tancung, A. B. 2005. Pengelolaan Kualitas Air. Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 208 pages.
- Kottelat, M., Whitten, T., Kartikasari, S. N. dan Wirjoatmodjo, S. 1993. Freshwater Fishes of Western Indonesia & Sulawesi. Periplus Edition. EMDI Project
- Kottelat, M. dan Widjanarti, E. 2005. The Fishes of Danau Sentarum National Park and the Kapuas Lakes Area, Kalimantan Barat, Indonesia. *The Raffles Bulletin of Zoology*. Supplement. 13: 139-173 p.
- Kowalska, J. dan Konrad, W. 2010. Rare *Pediastrum* Species (*Chlorophyceae*) From Polish Coastal Lakes. 79: 225-233 p.
- Kukk, E. dan Guy, H. 2005. *Cosmarium taxillus* (*Desmidiaceae*) In Finnish Lapland. Finnish Zoological and Botanical. ISSN 0003-3847. Ann. Bot Fennici. 41: 47-51 p.
- Kuperman, B. I. dan Kuzmina, V. V. 1994. The Ultrastuctur of the Intenstinal Epithelium in Fishes With Different Types of Feeding. *Journal Fish Biol*. 44: 181-193 p.
- Lee, S. M., Jeon, I. G. dan Lee J. Y. 2002. Effect of Digestible Protein and Lipid Levels in Practical Diet on Growth, Protein Utilization and Body Composition of Juvenile Rock Fish *Sebaster schlegelii*. *Aquaculture*. 211: 227-235 p.



Lestari, P. dan Asnani, A. 2018. Aktivitas Amilase, Lipase dan Protease Dari Cacing *Peryonix excavates*. Molekul Program Studi Kimia: MIPA. Fakultas Sains dan Teknik Universitas Jenderal Soedirman. Purwokerto. 4(2): 115-121 p.

Little, D. A. dan Poff, N. L. 2004. Adaptation to natural Flow Regimes. *Trends in Ecology and Evolution*. 19(2): 94-100 p.

Lu'cia, H., Sipau'ba, T., Joa'o, B. K., Fernandes, Gustavo, L. M. S. dan Bruno, S. T. 2018. Microalgae *Ankistrodesmus gracilis* as Feed Ingredient for Ornamental Fish *Xiphophorus maculatus*. In *Aquat Res* Springer. 10 p.

Masyamsir. 2001. Membuat Pakan Ikan Buatan. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta

Mc Cann, M. E. E., E. Newel., C. Preston and K. Forbes. 2006. The Use of Annanologosacharides and or Tannn in Broiler Diets. *Internat. J. Poult. Sci*. 5: 873-879 p.

Mccarthy, F. M. G., Haifeng, G., Kenneth, M., Consuelo, C. M., Andrea, M. K., Yoshihito, T. dan Kazumi, M. 2018. Transferring the Freshwater *Dinoflagellate Peridinium wisconsinense* (Dinophyceae) to the Family Thoracosphaeraceae, With the Description of *Fusiperidinium* gen. Japanese Society of Phycology. *Phycological Research*. 12 p.

Medina, M. F., Silvia, E. S., Amelia, A. V. dan John, J. R. R. 2018. Morphological Comparison and Geographic Distribution of the Species *Tabellaria fenestrata* and *Tabellaria flocculosa* (Bacillariophyceae) in Lotic and Lentic Systemes in Colombia. *Actual Biol*. 39(107): 24 p.

Mingrui Yu, Shaowei Qin dan Tanwei Tan. 2007. Purification and Characterization of the Extracellular Lipase Lip2 from *Yarrowia lipolytica*. *Process Biochemistry*. 42: 384-391 p.

Mokongita, I., Takeuchi, T., Suprayudi A. M., Wiramiharja, Y. dan Setiawati, M. 1999. Pengaruh Sumber Karbohidrat yang Berbeda Terhadap Kecernaan Pakan, Efisiensi Pakan dan Pertumbuhan Benih Ikan Gurame (*Osphronemus gouramy*). *Jurnal Ilmu-ilmu Perairan dan Perikanan Indonesia*. 7(2): 13-19 p.

Mote, N. 2014. Biologi Reproduksi Ikan Brek (*Puntius orphoides* Cuvier 7Val. 1842) Di Sungai Serayu Kabupaten Banjarnegara Provinsi Jawa Tengah. Thesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 37 p.

Muchtadi, T.R. dan Sugiyono. 1992. Ilmu Pengetahuan Bahan Pangan. PAU. Institut Pertanian Bogor: Bogor.

Murray, H. M., Wright, G. M. dan Goff, G. P. 1996. A Comparative Histological and Histochemical Study of the Post-Gastric Alimentary Canal From Three Species of *Pleuronectids*, the Atlantic Halibut the Yellowtail Flounder and the Winter Flounder. *Journal Fish Biology*. 48: 187-206 p.



Nandi, C., Sucharita, B., Prakash, C. G. dan Ruma, P. 2019. New and Rare Records of *Cosmarium* (Desmidiaceae, Zygnematales) From India. *Phytomorphology: An International Journal of Plant Morphology*. 69(1dan2): 41-49 p.

Nangin, D. dan Aji, S. 2015. Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah dari Mikroba: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(3): 1032-1039 p.

Nangin, D. dan Sutrisno, A. 2015. Enzim Amilase Pemecah Pati Mentah dan Mikroba: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 3(3): 1032-1039 p.

Nelson, J. S. 2006. *Fishes of the World*. 3rd edition. New York: John Wiley dan Sons, Inc. 600 pages.

Nopiani, Ni Made, Wayan, C. dan Fridayana, Y. 2016. Pengaruh Pendapatan Asli Daerah, Dana Alokasi Umum dan Belanja Modal Terhadap Pertumbuhan Ekonomi. *Journal Bisma*. Universitas Pendidikan Ganesha. Vol. 4.

Okcu, G. D. 2019. The Impact of Nitrogen Starvation on the Dynamics of lipid and Biomass Production in *Scenedesmus* sp. *Environmental Research and Technology*. ISSN 2638-8498. 2(3): 13 p.

Oliveira, I., Carlos, B. dan Carlos, W. N. M. 2014. New Records of *Filamentous desmids* (Desmidiaceae, Zygnematophyceae) From Bahia State, Brazil. *Acta Botanica Brasilica*. 24(4): 1017-1026 p.

Omar, A. B. S. 2011. Buku Ajar Iktiologi. Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan. Universitas Hasanuddin Makassar.

Ompusunggu, H. E. S., Juwita dan Silaban, R. 2013. Kajian Biomedik Enzim Amilase dan Pemanfaatannya Dalam Industri. *Biokimia Jurusan Jimia*. FMIPA. Universitas Negeri Medan.

Pandey, A., Nigam, P., Soccol, C. R., Soccol, V. T., Sing, D. dan Mohan, R. 2000. *Advances in Microbial Amylases*. Biotechnology and Applied Biochemistry. 31: 135-152 p.

Peijenenburg, K. dan Erica, G. 2013. Naturalis Biodiversity Center Research, University of Amsterdam. High Evolutionary Potential of Marine Zooplankton.

Poedijadi, A. 2006. *Dasar-Dasar Biokimia*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Poedijadi, A. dan Superiyanti, F. M. 2007. *Dasar-dasar Biokimia*. Edisi Revisi. UI Press, Jakarta.

Pramono, T. B. dan Marnani, S. 2009. Pola Penyerapan Kuning Telur dan Perkembangan Organogenesis Pada Stadia Awal Larva Ikan Brek (*Puntius orphoides*). *Berkala Perikanan Terubuk*. 37(1): 18-20 p.

Prelle, L., Angelika, G., Sigrid, G. P., Veronika, S. Kana, K. dan Ulf, K. 2019. Photosynthesis and Respiration of Baltic Sea Benthic Diatoms to Changing



- Enviromental Conditions and Growth Responses of Selected Species as Affected by an Adjacent Peatland (Hutelmoor). *Frontiers in Microbiology*. 10:1500. 19 p.
- Puspitaningrum, R. dan Chris, A. 2016. Enzim dan Pemanfaatannya. Ghaila Indonesia. Bogor. 122 p.
- Qingmin, Y., Liu, Y., Wang, Y. dan Wang, Q. 2007. *Synedra ulna* var. *repanda*, Anew Variety of *Synedra* (Bacillariophyta) From Xianjiang, China. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. 26(4): 419-420 p.
- Radhakrishnan, A., Chen, Y. H., Martin, S., Alhussaini, N., Greem, R. dan Coller, J. 2018. The Deadbox Protein Dhh1p Couples mRNA Decay and Translation by Monitoring Codon Optimality. *Cell*. 167(1): 122-132 p.
- Rahardjo, M. F., Syafei, D. S., Affandi, R., Sulistiono dan Hutabarat, J. 2011. *Iktiologi*. Bandung: Lubuk Agung. 396 p.
- Rearte, A., Carlos, G. V., Maria, B., Feliz, L. F., Patricia, G., Flaig, D. and Alicia, F. D. L. 2018. Biological Characterization of a Strain of *Golenkinia* (Chlorophyceae) With High Oil and Carotenoid Content Induced by Increased Salinity. *Algal Research*. 33: 218-230 p.
- Rial, L. P., Cancela, M. A., Macelras, R. dan Jose, L. S. F. 2015. *Selenastrum capricornutum*: Harvesting and Oil Extraction for Biodiesel Production. *European Journal of Sustainable Development*. ISSN 2239-5938. 4(2): 97-102 p.
- Rioual, P., Ector, L. dan Wetzel, C. 2019. The Transfer of *Achnanthes hedinii* Hustedt to the Genus *Crenotia woyjal* (Achnanthidiaceae, Bacillariophyceae). ISSN 2009-8987. *Notulae Algarum*. 106: 6 p.
- Roberts, T. R. 1989. *The Freshwater Fishes of Western Borneo (Kalimantan Barat, Indonesia)*. Memoirs of the California Academy of Science. No. 14. California Academy of Sciences. 210 p.
- Robinson, E. H., Li, M. H. dan Manning, B. B. 2001. A Practical Guide to Nutrition, Feeds, and Feeding af Catfish. Second Revision. Office of Agricultural Communications. Missisipi. Hal: 5-20 p.
- Roosdiana, A., Mardiana, D., Surdia, N. M. dan Aulanni'am. 2001. Pembuatan Poliester dari 1,3-propanadiol Hasil Fermentasi Gliserol sebagai Bahan Baku Polimer Biodegradable. Penelitian Hibah Bersaing.
- Sachlan, M. 1982. Planktonologi. Fakultas Peternakan dan Perikanan. Universitas Diponegoro Semarang. 177 p.
- Salman, N. A., Al-Tameemi, R. dan Abdulbaikul, A. 2010. Comparative Study of α -amylase Activity in Three Cyprinid Species of Different Feeding Habits From Southern Iraq. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 10: 411-414 p.



Saoud, A. H. 2004. Diet Overlap of Some Species (Family: *Cyprinidae*) in Garmat Ali River. *Basrah Journal Agriculture Science*. 17: 279-286 p.

Sarah, Putra, S. R. dan Putro, H. S. 2010. Isolasi Amilase Termotabil Dari Bakteri Termofilik *Bacillus stearothermophilus*. Skripsi. Prosiding Kimia FMIPA. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 5 p.

Saranrai, P., Usharani, G. dan Kanchana, S. 2012. *Spirulina* Cultivation : A Review. *International Journal of Pharmaceutical and Biological Archives*. 3(6): 1327-1341 p.

Shah, R. A., Hema, A., Razi, S. P. V., Usamah, D. dan Mohammad, R. 2019. Sediment Distribution Pattern and Enviromental Implications of Physico-chemical Characteristics of the Akulam-Veli Lake, South India. *Applied Water Science*. 9(8): 11 p.

Shantakumar, M. dan Vishvanath, W. 2006. Inter-relationship of *Puntius* Hamilton-Buchanan (Cyprinane: Cyprinidae) found in Manipur India. *Zoos Print Journal*. 21(6): 2279-2283 p.

Sihombing, Debby dan O. L. 2014. Fungsi Empedu dalam Pencernaan Lemak.

Sisson, S. dan Grossman, J. D. 1961. *The Anatomy of the Domestic Animal*. W B Saunders. Tokyo.

Sjafei, D. S. 2001. Kebiasaan Makanan dan Faktor Kondisi Ikan Kurisi (*Nemipterus tambuloides*) di Perairan Teluk Labuan, Banten, *Jurnal Ikhtologi Indonesia*. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. IPB. 1(1): 7-11 p.

Solichah, A. P., Parmin, P. dan Nurhayati, S. 2013. Pengembangan Lembar Eksperimen IPA Terpadu Berbasis Inkuiri Dalam Outdoor Learning Pada Tema Ekosistem. *Unses Science Education Journal*. 2(2): 337-343 p.

Sriati. 1987. Telaah Strategi Adaptasi Ikan Lalawak (*Puntius bramoides*), (Cuvier dan Valenciennes) dalam Kaitannya dengan Pengelolaan Bendung Curug. Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 57 p.

Suarni dan Rauf, P. 2007. Potensi Kecambah Kacang Hijau sebagai Sumber Enzim Amilase. *J. Chem*. 7(3): 332-336 p.

Subamia, I. W., Suhenda, N. dan Tahapari, E. 2003. Pengaruh pemberian Pakan Buatan dengan kadar Lemak yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan dan Sintasan Benih Ikan Jambal Siam (*Pangasius hypophthalmus*). *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 9(1): 37-42 p.

Suhendra, N. dan Yanti, S. 2003. *Penentuan Kebutuhan Nutrien Protein dan Lemak Benih Ikan Patin Jambal (Pangasius hypophthalmus)*. *Pros Seminar Hasil Riset Perikanan Budidaya Air Tawar*. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar Bogor.



Supriyatna, A., Amalia, D., Jauhari, A. A. dan Holydaziah, D. 2015. Kadar Enzim Amilase, Lipase dan Protease Dari Larva *Hermetia Illucens* yang Diberi Pakan jerami Padi. *Edisi Juli 2015 Volume IX No. 2*, ISSN 1979-8911 p.

Surakhmad, W. 1998. *Pengantar Penelitian Ilmiah (Dasar Metode Teknik)*. Bandung

Suryaningsih, S., Mammed, S., Kamiso, H. N. dan Suwarno, H. 2010. Perubahan Kadar Hormon Testosteron dan progesterone, Korelasinya dengan Indeks Gonado Somatik dan Tingkat Kematangan Gonad pada Ikan Brek (*Puntius orphoides* Cuvier&Valenciennes, 1842). Jurusan Perikanan. Fakultas Biologi dan Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Suryaningsih, S., Mammed, S., Kamiso, H. N. dan Suwarno, H. 2011. Korelasi antara Beberapa Karakter Reproduksi dengan Panjang Total Ikan Brek [*Puntius orphoides* (Valenciennes 1842)] di sungai Klawing Purbalingga. *Biofersa*. Jurusan Perikanan. Fakultas Biologi dan Fakultas Pertanian. Universitas Gadjah Mada. 28(3): 124-133 p.

Suryaningsih, S. 2012. Karakter Morfometri dan Karakter Reproduksi Ikan Brek, *Puntius orphoides* (valenciennes, 1842) dan Tawes *Puntius javanicus* (Bleeker, 1863) Di Sungai Klawing Purbalingga, Jawa Tengah. Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 12 p.

Suryaningsih, S., Mammed, S., Kamiso, H. N. dan Suwarno, H. 2012. Beberapa Aspek Pemijahan Ikan Brek *Puntius orphoides* (Valenciennes, 1842) di Sungai klawing Purbalingga, jawa Tengah. *Jurnal Iktiologi Indonesia*. Jurusan Perikanan. Fakultas Biologi dan Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. 12(1) :35-48 p.

Sutardja, O. S. 1980. Beberapa aspek biologi ikan lalawak *Puntius bramoides* (Cuvier & Valenciennes) di Waduk Jatiluhur, Jawa Barat. Karya Ilmiah. Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 56 p.

Suwarsih., Marsoedi, N., Harahab. Dan Mahmudi, M. 2016. Kondisi Kualitas Air Pada Budidaya Udang di Tambak Wilayah pesisir, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban. Prosiding Seminar Nasional Kelautan. Universitas Trunojoyo. Madura.

Swingle, H. S> 1969. Standardization of Chemical Analysis for Water and Pond Muds. F.A.O.

Tacon, A. G. J. dan Cowey, B. 2001. The Nutrition and Feeding of Darmed Fish and Shrimp. A Training Manual. FAD. Brasillia.

Takano, T., Sumio, H., Hisato, I., Ryo, M., Masanobu, K., Fumio, T. dan Hisyayoshi, N. 2019. Identification of 13 *Spirogyra* Species (*Zygnemataceae*) by Traits of Sexual Reproduction Induced Under Laboratory Culture Conditions. *Scientific Reports*. 9: 7458: 11 p.



Tengjaroenkul, B. 2000. Ontogenic Morphology and Enzyme Activities of the Intestinal Tract of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Dissertation. Veterinary Medical Sciences. 176 p.

Utomo, A. D., Mufikhah, N., Aji, S., Rahardjo, M. F., Wibowo, A., Suryati, N. K. dan Nurhayati, E. 2008. *Ichthiofauna Bengawan Solo*. Palembang: Balai Riset Perikanan Perairan Umum. DKP. 140 p.

Watanabe, T. dan Cho, C. Y. 1988. Fish Nutrition and Mariculture. Nutritional Energetic. Kanagawa Fisheries Training Center. Japan International Cooperation Agency. Tokyo.

Weber, M. dan De Beaufort, L. F. 1916. *The Fishes of the Indo-Australian Archipelago Ostariophysi: II. Cyprinoidea, Apodes, Synbranchii*. E. J. Brill. 455 pages.

Weinert dan Charles, K. 1959. Elements of Chordate Anatomy. Mc Grow Hill: New York.

Whittaker, J. R. 1994. *Principles of Enzymology for The Food Sciences*. Second Edition. New York: Marcek Dekker Inc

Wulandari, S. A. 2014. Sistem Pencernaan. Jurusan Biologi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.

Yamamoto, M., Fujiwar, T. dan Okano, M. 2001. Role of Prostaglandin D2 and E2 Terminal Synthases in Chronic Rhinosinusitis. Clin Exp Allergy. 36: 1028-1038 p.

Yatriajula, S. K., Anuj, S., Vinod, K. S., Jagadeeshwar, K. H. 2019. Flow Behavior Analysis of *Chlorella vulgaris* Microalgal Biomass. Heliyon. 5(6):1845 p.

You, Q. John, P. K. dan Quanxi, W. 2015. Taxonomic Studies of the Diatom Genus *Halamphora* (*Bacillariophyceae*) From the Mountainous Regions of the Southwest China, Including the Description of Two New Species. Phytotaxa. ISSN 1179-3155. Magnolia Press. 205(2): 075-089 p.

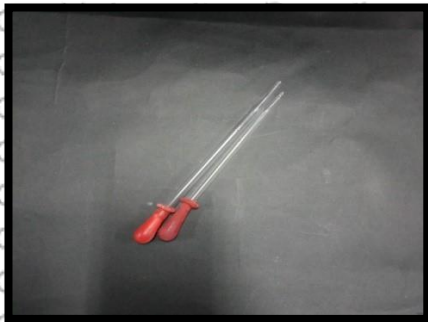
Zohary, T., Yosef, Z. Y., Alla, A., Tatiana, F., Shachaf, L. dan Gideon, T. 2014. Lake Kinneret: Ecology and Management. Aquatic Ecology. Springer Science. 161-190 p.

Zonneveld, N. Huisman, E. A. Boon, J. H. 1991. *Budidaya Ikan*. Gramedia: Jakarta.

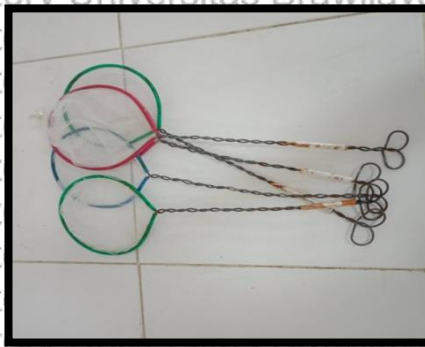
Zuliani, Z., Zainal, A. dan Nurfadillah, N. 2016. Kebiasaan Makanan dan Hubungan Panjang Berat Ikan Julung-Julung (*Demogenys* sp.) Di Sungai Alur Hitam Kecamatan Bendahara Kabupaten Aceh Tamiang. Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kelautan dan Perikanan Unsiyah. 1(1): 12-14 p.



Washing Bottle



Pipet Tetes



Seser

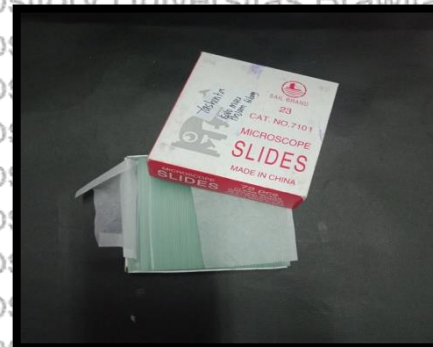


pH Meter

Lampiran 1. (Lanjutan)



Sprayer



Object Glass



Akuarium



DO Meter



Sentrifuge



Rak Tabung Reaksi



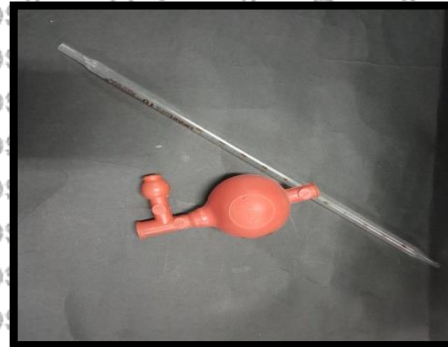
Section Set



Tabung Reaksi



Hotplate



Pipet Volume dan Bola Hisap



Spektrofotometer



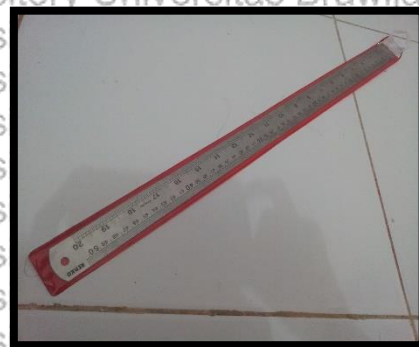
Falcon



Cawan Petri



Mortar dan Alu



Penggaris

Lampiran 2. Bahan - Bahan Penelitian

102



Ikan Brek (*Puntius orphoides*)



Akuades



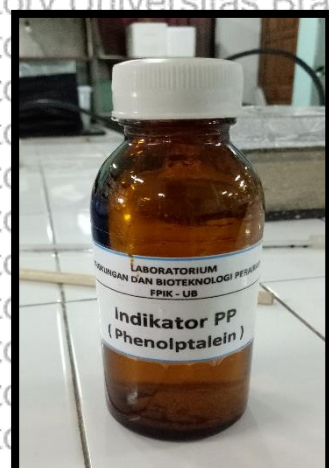
Tisu



Blue Tube 2 ml



Yellow Tube 2 ml



Indikator PP



Es Batu



Aseton

Lampiran 2. (Lanjutan)

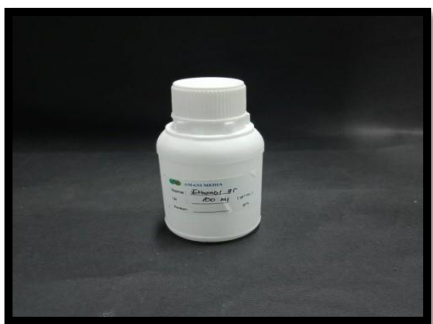
103



Kertas Label



Alkohol 70%



Ethanol



Masker



Lateks



Minyak Zaitun

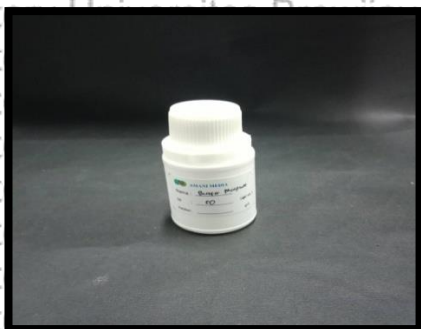


Na fis

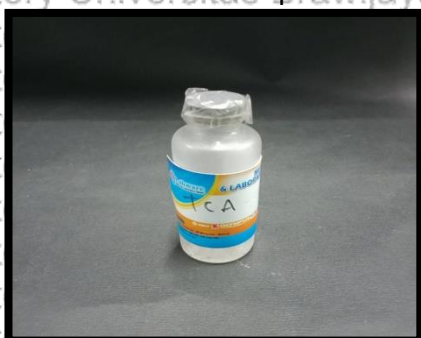


Mikrotube

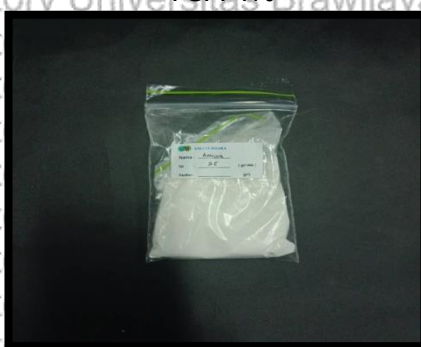
Lampiran 2. (Lanjutan)



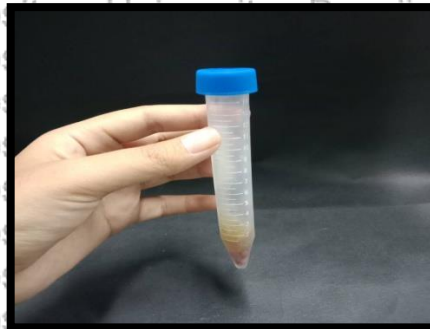
Buffer Phospat



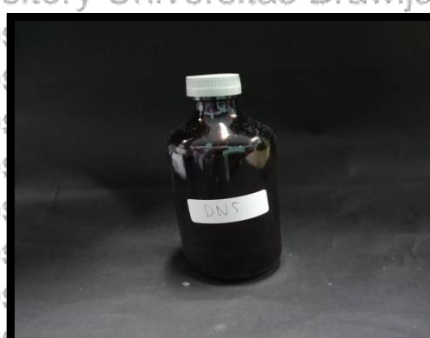
TCA 4%



Kasein



Ekstrak kasar enzim



Reagen DNS

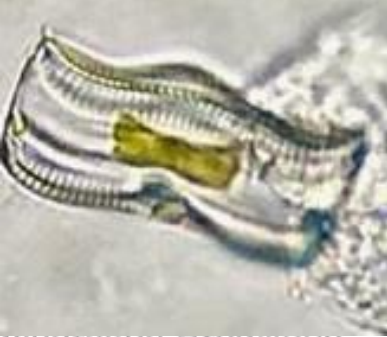
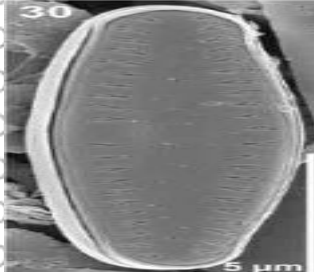
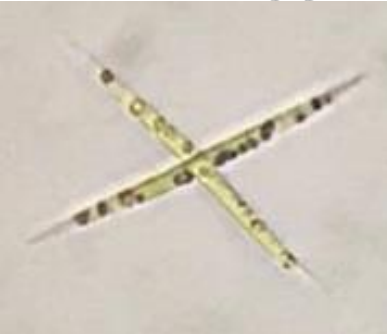
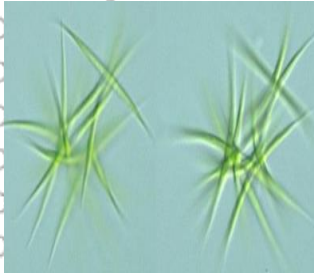
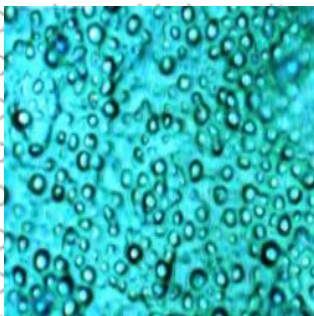


Na OH

Sampel Ikan	Panjang (cm)	Berat (gr)
1	4,2	0,85
2	5,9	1,43
3	4,4	1,02
4	4,2	0,9
5	3,5	0,8
6	4,3	0,97
7	4,4	1,13
8	4,4	1,05
9	4,5	1,02
10	6,1	1,67
11	5,5	1,53
12	10,3	12,39
13	9,7	11,52
14	10,2	12,19
15	7,9	9,5
16	9,7	9,63
17	8	9,6
18	9,9	10,3
19	10	10,94
20	10,4	12,54
21	10,2	11,25
22	9,9	11,03
23	9,1	9,54
24	10	10,04

Lampiran 4. Klasifikasi Plankton

106

No.	Gambar Hasil Pengamatan	Gambar Literatur	Klasifikasi
1.		 (Rioual et-al., 2015)	Phylum Bacillariophyta Class Bacillariophyceae Order Pennales Family Achnanthaceae Genus Achnanthes
2.		 (You et-al., 2019)	Phylum Bacillariophyta Class Bacillariophyceae Order Thalassiophysales Family Catenulaceae Genus Amphora
3.		 (Lucia et-al., 2018)	Phylum Chlorophyta Class Chlorophyceae Order Sphaeropleales Family Selenastraceae Genus Ankistrodesmus
4.		 (Yatriajula et-al., 2019)	Phylum Chlorophyta Class Chlorophyceae Order Chlorococcales Family Oocystaceae Genus Chlorella



Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

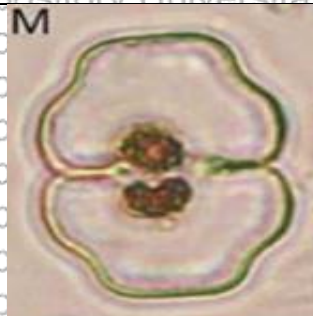
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

107

5.



M



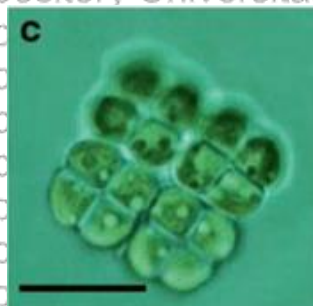
Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Chlorococcales
Family Desmidiaceae
Genus Cosmarium

(Nandi et al., 2019)

6.



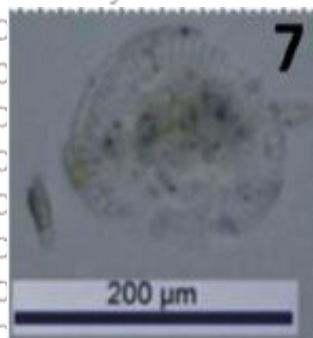
c



Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Chlorococcales
Family Scenedesmaceae
Genus Crucigenia

(Zohary et al., 2014)

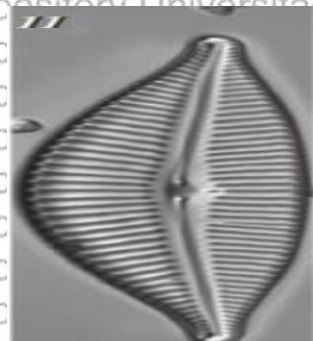
7.



Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Centrales
Family Thalassiosiraceae
Genus Cyclotella

(Shah et al., 2019)

8.



Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Pennales
Family Cymbellaceae
Genus Cymbella

(Kapustin et al., 2019)

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya
Repository Universitas Brawijaya



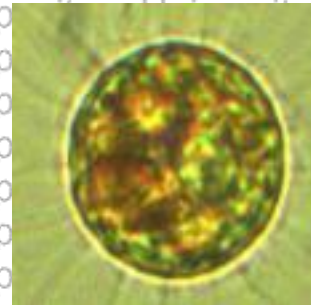
9.



(Entwistle and Skinner, 2002)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Sphaeropleales
Family Radiococcaceae
Genus Gloeocystis

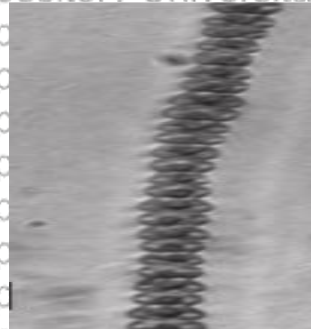
10.



(Rearte et-al., 2018)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Chlorococcales
Family Micratiaceae
Genus Golenkinia

11.



(Oliveira et-al., 2014)

Phylum Bacillariophyta
Class Zygnemophyceae
Order Desmidiaceae
Family Desmidiaceae
Genus Groenbladia

12.

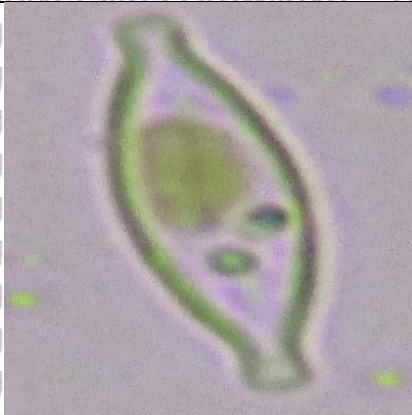


(Shah et-al., 2019)

Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Pennales
Family Naviculoidae
Genus Navicula



13.



(Hamilton et al., 2019)

Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Naviculales
Family Neidiaceae
Genus Neidium

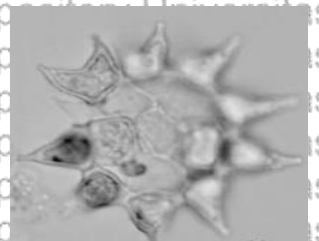
14.



(Prelle et al., 2019)

Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Bacillariales
Family Bacillariaceae
Genus Nitzschia

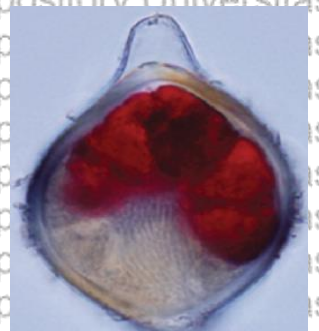
15.



(Kowalska and Konrad, 2010)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Chlorococcales
Family Hydrodictyaceae
Genus Pediatrum

16.



(McCarthy et al., 2018)

Phylum Bacillariophyta
Class Dinophyceae
Order Peridinales
Family Peridiniaceae
Genus Peridinium



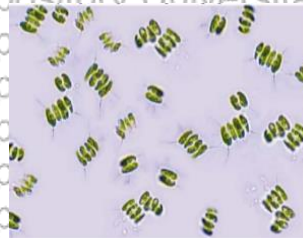
17.



(Shah et al., 2019)

Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Pennales
Family Naviculoidae
Genus Pinnularia

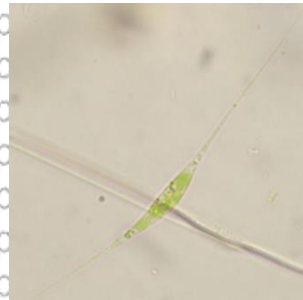
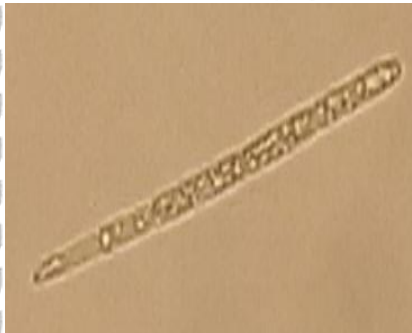
18.



(Okcu, 2019)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Chlorococcales
Family Scenedesmaceae
Genus Scenedesmus

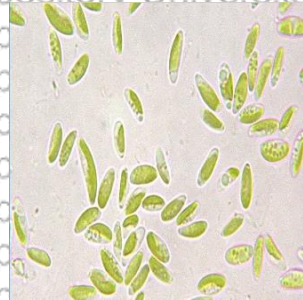
19.



(Khondker et al., 2007)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Sphaeropleales
Family Neochloridaceae
Genus Schroederia

20.

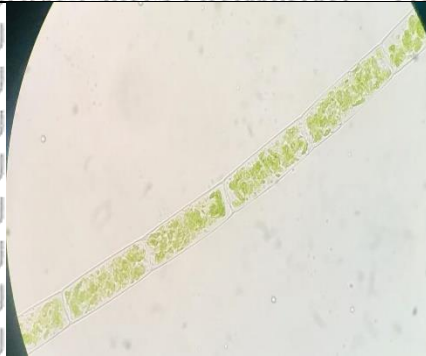


(Rial et al., 2015)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Chlorococcales
Family Oocystaceae
Genus Selenastrum



21.



(Takano et al., 2019)

Phylum Chlorophyta
Class Chlorophyceae
Order Zygnematales
Family Zygnemataceae
Genus Spirogyra

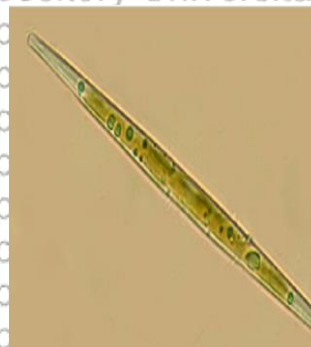
22.



(Saranrai et al., 2012)

Phylum Cyanophyta
Class Cyanophyceae
Order Nostocales
Family Oscillatoriaceae
Genus Spirulina

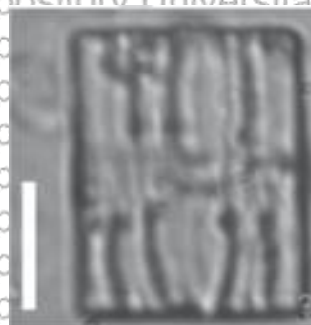
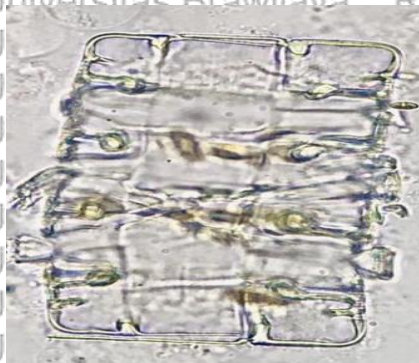
23.



(Qingmin et al., 2007)

Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophyceae
Order Fragilariales
Family Fragilariaceae
Genus Synedra

24.



(Medina et al., 2018)

Phylum Bacillariophyta
Class Bacillariophytina
Order Tabellariales
Family Tabellariaceae
Genus Tabellaria



Lampiran 5. Index of Propenderance

113

Plankton	Total	Vi %	Oi%	Vi x Oi	IP %
Ankistrodesmus	36	0,671	37,5	(9)25,163	(10)0,358
Groenbladia	63	1,174	25	(6)29,35	(9)0,417
Scenedesmus	825	15,381	62,5	(15)961,313	(4)13,663
Selenastrum	3	0,056	12,5	(3)0,7	(13)0,01
Spirogyra	204	3,803	12,5	(3)47,538	(7)0,676
Achnanthes	78	1,454	50	(12)72,7	(6)1,033
Cyclotella	45	0,839	50	(12)41,95	(8)0,596
Navicula	1044	19,463	75	(18)1459,73	(2)20,747
Neidium	30	0,559	37,5	(9)20,963	(11)0,298
Nitzschia	2238	41,722	75	(18)3129,15	(1)44,473
Pinnularia	648	12,081	87,5	(21)1057,09	(3)15,024
Synedra	135	2,518	75	(18)188,85	(5)2,684
Tabellaria	9	0,168	25	(6)0,084	(14)0,001
Cyclops	6	0,111	12,5	(3)1,3875	(12)0,02
Total	5364	100		7035,97	100

Keterangan:

Total = Jumlah Individu

Vi % = Jumlah per plankton/jumlah total plankton

Oi % = Lambung yang berisi plankton/jumlah sampel ikan

Vi x Oi = Hasil Vi % x Oi %

IP% = Vi x Oi X 100%/ Jumlah Vi x Oi

Lampiran 6. Enzim Amilase

No.	Sampel	OD Sampel (A)	OD Blanko (B)	OD Standar (C)	P	Waktu Inkubasi	A - B	C-B	Pembagian OD	Amilase (U / mL)
1	Remaja 1	0,076	0,05	0,06	3	10	0,026	0,01	2,6	78
2	Remaja 2	0,086	0,05	0,06	3	10	0,036	0,01	3,6	108
3	Remaja 3	0,067	0,05	0,06	3	10	0,017	0,01	1,7	51
4	Remaja 4	0,072	0,05	0,06	3	10	0,022	0,01	2,2	66
5	Remaja 5	0,076	0,05	0,06	3	10	0,026	0,01	2,6	78
6	Remaja 6	0,102	0,05	0,06	3	10	0,052	0,01	5,2	156
7	Remaja 7	0,065	0,05	0,06	3	10	0,015	0,01	1,5	45
8	Remaja 8	0,064	0,05	0,06	3	10	0,014	0,01	1,4	42
9	Remaja 9	0,083	0,05	0,06	3	10	0,033	0,01	3,3	99
10	Remaja 10	0,077	0,05	0,06	3	10	0,027	0,01	2,7	81
11	Remaja 11	0,078	0,05	0,06	3	10	0,028	0,01	2,8	84
12	Remaja 12	0,234	0,05	0,06	3	10	0,184	0,01	18,4	552
13	Remaja 13	0,187	0,05	0,06	3	10	0,137	0,01	13,7	411
14	Remaja 14	0,345	0,05	0,06	3	10	0,295	0,01	29,5	885
15	Remaja 15	0,298	0,05	0,06	3	10	0,248	0,01	24,8	744
16	Remaja 16	0,174	0,05	0,06	3	10	0,124	0,01	12,4	372
17	Remaja 17	0,212	0,05	0,06	3	10	0,162	0,01	16,2	486
18	Remaja 18	0,135	0,05	0,06	3	10	0,085	0,01	8,5	255
19	Remaja 19	0,175	0,05	0,06	3	10	0,125	0,01	12,5	375
20	Remaja 10	0,193	0,05	0,06	3	10	0,143	0,01	14,3	429
21	Remaja 21	0,339	0,05	0,06	3	10	0,289	0,01	28,9	867
22	Remaja 22	0,125	0,05	0,06	3	10	0,075	0,01	7,5	225
23	Remaja 23	0,122	0,05	0,06	3	10	0,072	0,01	7,2	216
24	Remaja 24	0,209	0,05	0,06	3	10	0,159	0,01	15,9	477
25	Larva 1	0,051	0,05	0,06	3	10	0,001	0,01	0,1	3
26	Larva 2	0,052	0,05	0,06	3	10	0,002	0,01	0,2	6

Lampiran 7. Enzim Protease

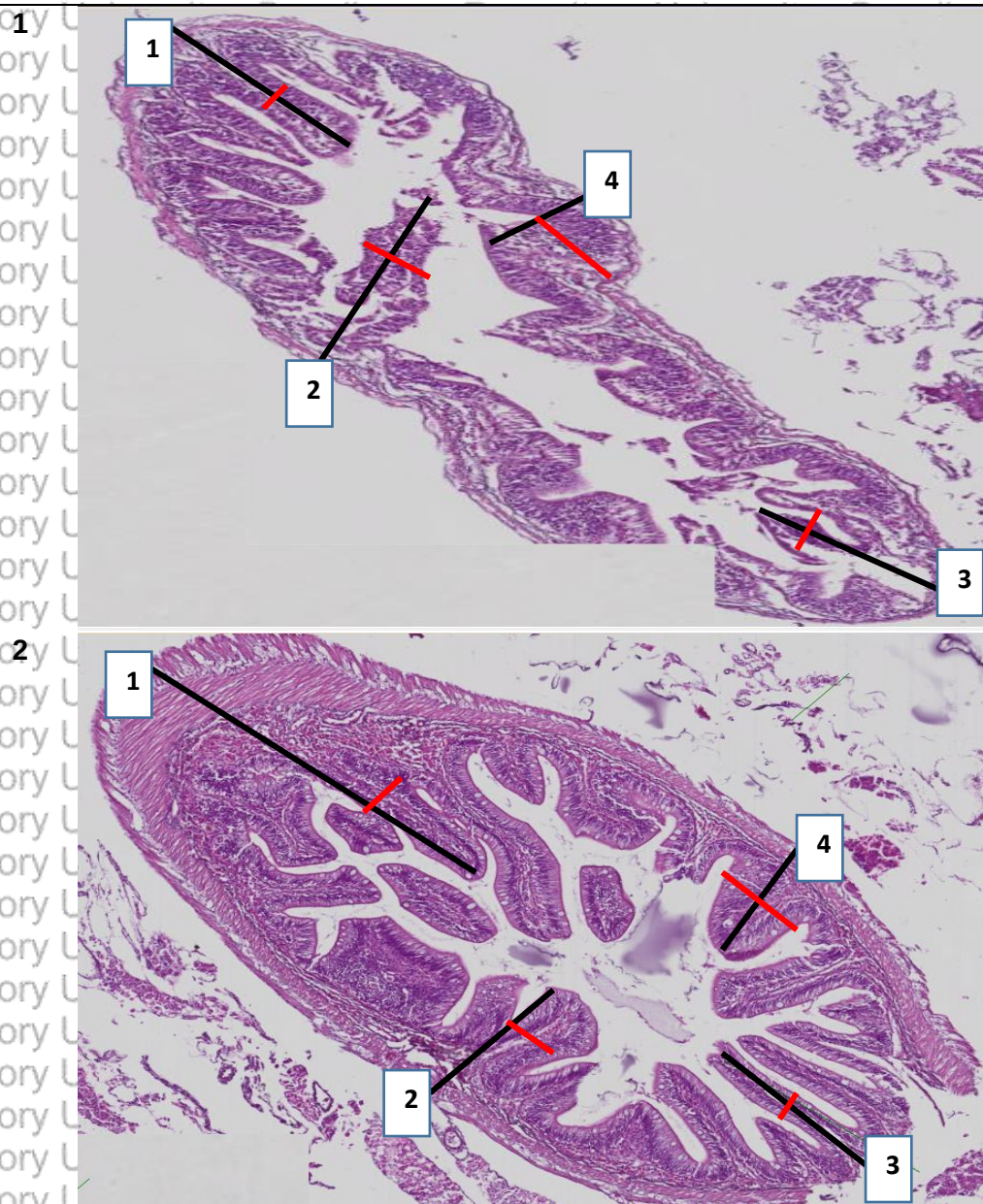
No.	Sampel	OD	OD	OD	P	Waktu Inkubasi	Pembagian		Protease (U/mL)
		Sampel (A)	Blanko (B)	Standar (C)			OD	OD	
1	Remaja 1	0,158	0,132	0,215	5	10	0,025	0,082	0,31
2	Remaja 2	0,124	0,105	0,178	5	10	0,018	0,073	0,25
3	Remaja 3	0,132	0,109	0,183	5	10	0,022	0,074	0,30
4	Remaja 4	0,162	0,089	0,24	5	10	0,072	0,15	0,48
5	Remaja 5	0,129	0,075	0,175	5	10	0,053	0,099	0,54
6	Remaja 6	0,173	0,115	0,241	5	10	0,057	0,126	0,46
7	Remaja 7	0,162	0,122	0,194	5	10	0,039	0,072	0,56
8	Remaja 8	0,071	0,053	0,086	5	10	0,017	0,032	0,53
9	Remaja 9	0,127	0,09	0,164	5	10	0,036	0,073	0,49
10	Remaja 10	0,5	0,44	0,545	5	10	0,059	0,105	0,57
11	Remaja 11	0,499	0,389	0,47	5	10	0,109	0,08	1,35
12	Remaja 12	0,274	0,209	0,332	5	10	0,064	0,123	0,52
13	Remaja 13	0,146	0,08	0,179	5	10	0,065	0,099	0,67
14	Remaja 14	0,146	0,077	0,183	5	10	0,068	0,105	0,65
15	Remaja 15	0,167	0,125	0,23	5	10	0,041	0,105	0,40
16	Remaja 16	0,143	0,118	0,232	5	10	0,024	0,113	0,21
17	Remaja 17	0,237	0,196	0,397	5	10	0,04	0,201	0,20
18	Remaja 18	0,256	0,332	0,348	5	10	0,023	0,015	1,45
19	Remaja 19	0,756	0,523	1,087	5	10	0,232	0,563	0,41
20	Remaja 10	0,435	0,364	0,723	5	10	0,07	0,358	0,20
21	Remaja 21	0,328	0,189	0,361	5	10	0,138	0,171	0,81
22	Remaja 22	0,239	0,199	0,387	5	10	0,039	0,188	0,21
23	Remaja 23	0,242	0,218	0,233	5	10	0,023	0,014	1,57
24	Remaja 24	0,387	0,118	0,333	5	10	0,268	0,214	1,25
25	Larva 1	0,05	0,032	0,233	5	10	0,017	0,2	0,09
26	Larva 2	0,048	0,032	0,233	5	10	0,015	0,201	0,08

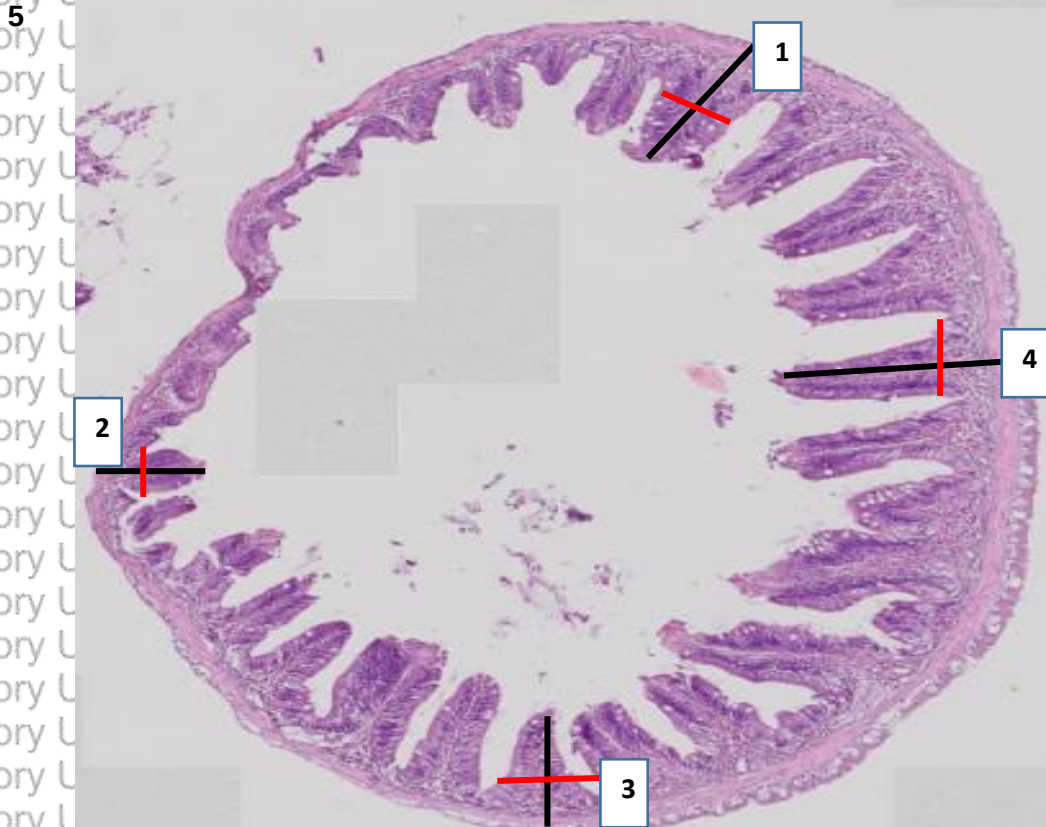
Lampiran 8. Enzim Lipase

No.	Sampel	A	B	N NaOH	Fk	Waktu Reaksi	A - B	A-B* N NaOH	A-B* N NaOH/fk	Lipase (U / mL)
1	Remaja 1	0,40	0,16	0,05	1000	10	0,2	0,0	12,0	1,2
2	Remaja 2	0,30	0,10	0,05	1000	10	0,2	0,0	9,9	1,0
3	Remaja 3	0,50	0,17	0,05	1000	10	0,3	0,0	16,5	1,7
4	Remaja 4	0,20	0,06	0,05	1000	10	0,1	0,0	6,9	0,7
5	Remaja 5	0,40	0,01	0,05	1000	10	0,4	0,0	19,5	2,0
6	Remaja 6	1,00	0,22	0,05	1000	10	0,8	0,0	39,0	3,9
7	Remaja 7	0,40	0,08	0,05	1000	10	0,3	0,0	16,0	1,6
8	Remaja 8	0,30	0,07	0,05	1000	10	0,2	0,0	11,5	1,2
9	Remaja 9	0,50	0,11	0,05	1000	10	0,4	0,0	19,5	2,0
10	Remaja 10	0,50	0,13	0,05	1000	10	0,4	0,0	18,7	1,9
11	Remaja 11	0,40	0,10	0,05	1000	10	0,3	0,0	15,1	1,5
12	Remaja 12	0,50	0,09	0,05	1000	10	0,4	0,0	20,4	2,0
13	Remaja 13	0,5	0,12	0,05	1000	10	0,38	0,019	19	1,9
14	Remaja 14	0,3	0,06	0,05	1000	10	0,24	0,012	12	1,2
15	Remaja 15	0,4	0,075	0,05	1000	10	0,325	0,01625	16,25	1,625
16	Remaja 16	0,4	0,07	0,05	1000	10	0,33	0,0165	16,5	1,65
17	Remaja 17	0,4	0,08	0,05	1000	10	0,32	0,016	16	1,6
18	Remaja 18	0,4	0,069	0,05	1000	10	0,331	0,01655	16,55	1,655
19	Remaja 19	0,5	0,1	0,05	1000	10	0,4	0,02	20	2
20	Remaja 10	0,5	0,098	0,05	1000	10	0,402	0,0201	20,1	2,01
21	Remaja 21	0,3	0,05	0,05	1000	10	0,25	0,0125	12,5	1,25
22	Remaja 22	0,4	0,085	0,05	1000	10	0,315	0,01575	15,75	1,575
23	Remaja 23	0,3	0,06	0,05	1000	10	0,24	0,012	12	1,2
24	Remaja 24	0,3	0,06	0,05	1000	10	0,24	0,012	12	1,2
25	Larva 1	0,08	0,05	0,05	1000	10	0,03	0,0015	1,5	0,15
26	Larva 2	0,07	0,06	0,05	1000	10	0,01	0,0005	0,5	0,05

Lampiran 9. Gambar Histologi Vili Usus

No. Gambar Histologi Usus





Keterangan :

Huruf (a,b,c,d) : Titik Perhitungan Panjang dan Lebar Vili Usus

Garis Hitam : Panjang Vili Usus

Garis Merah : Lebar Vili Usus



Keterangan Gambar:

Gambar	Panjang (Garis Hitam)	Lebar (Garis Merah)
1	1 = 218,46 μm 2 = 69,21 μm 3 = 210,55 μm 4 = 105,36 μm	1 = 72,82 μm 2 = 34,605 μm 3 = 70,183 μm 4 = 52,68 μm
2	1 = 214,18 μm 2 = 114,13 μm 3 = 174,01 μm 4 = 269,29 μm	1 = 71,61 μm 2 = 57,065 μm 3 = 69,604 μm 4 = 89,763 μm
3	1 = 139,21 μm 2 = 142,63 μm 3 = 108,11 μm 4 = 71,58 μm	1 = 53,54 μm 2 = 71,315 μm 3 = 54,055 μm 4 = 35,79 μm
4	1 = 607,46 μm 2 = 116,55 μm 3 = 432,18 μm 4 = 199,92 μm	1 = 101,24 μm 2 = 58,275 μm 3 = 100,045 μm 4 = 66,64 μm
5	1 = 584,54 μm 2 = 141,65 μm 3 = 355,18 μm 4 = 118,63 μm	1 = 69,51 μm 2 = 71,22 μm 3 = 54,05 μm 4 = 35,54 μm



Lampiran 10. Kelimpahan Plankton Perairan

95

Divisi	Genus	Jumlah	Sel/mL
Chlorophyta	Gleocystis	105	79924,5105
	Schroederia	1	761,1858143
	Selenastrum	42	31969,8042
	Scenedesmus	8	6089,486514
	Pediastrum	2	1522,371629
	Cosmarium	12	9134,229771
	Chlorella	5	3805,929071
	Golenkinia	8	6089,486514
	Crucigenia	2	1522,371629
Bacillariophyta	Synedra	11	8373,043957
	Cymbella	3	2283,557443
	Amphora	2	1522,371629
	Nitzschia	130	98954,15585
	Navicula	58	44148,77723
	Cyclotella	2	1522,371629
	Neidium	1	761,1858143
Cyanophyta	Spirulina	3	2283,557443
Dinophyta	Peridinium	2	1522,371629
Total		397	302190,7683
Filum	Genus	Jumlah	Sel/mL
Rotifera	Alberia	2	1522,371629
Total		2	1522,371629

