

**APLIKASI AKUAPONIK SELADA ROMAINE, BIOFLOK, DAN
KOMBINASINYA TERHADAP HASIL PRODUKSI SERTA
PROFIL HEMATOLOGI PADA IKAN NILA *Oreochromis niloticus*
(*Linnaeus, 1758*)**

(Skripsi)

Oleh

REYNALDO

1914111025



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

ABSTRAK

APLIKASI AKUAPONIK SELADA ROMAINE, BIOFLOK, DAN KOMBINASINYA TERHADAP HASIL PRODUKSI SERTA PROFIL HEMATOLOGI PADA IKAN NILA *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

Oleh

Reynaldo

Budi daya ikan nila tidak terlepas dari dua kendala hasil produksi dan kesehatannya. Untuk itu perlu perbaikan teknologi pada media pemeliharaan ikan nila. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hasil produksi serta profil hematologi ikan nila dengan sistem akuaponik, bioflok, dan kombinasi antara akuaponik dan bioflok. Penelitian telah dilaksanakan di Laboratorium Budi daya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada Januari sampai Februari 2023. Penelitian ini menggunakan metode rancangan acak lengkap (RAL) terdiri atas 3 perlakuan yakni perlakuan akuaponik (selada romaine), bioflok (bakteri *Bacillus*, pakan dan molase dengan C/N Rasio 15) dan kombinasi (akuaponik dan bioflok). Pemeliharaan dilakukan selama 30 hari dengan pemberian pakan sebanyak 3 kali sehari dengan *feeding rate* 3%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh metode budi daya berbeda nyata terhadap parameter hasil produksi ikan nila yakni pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan rasio konversi pakan. Masing-masing perlakuan sistem budi daya memberikan pengaruh peningkatan terhadap hasil analisis profil hematologi ikan nila. Profil hematologi ikan nila pada penelitian ini menunjukkan hasil yang normal.

Kata kunci : Ikan nila, akuaponik, bioflok, hasil produksi, hematologi.

ABSTRACT

THE AQUAPONIC APPLICATIONS OF ROMAINE LETTUCE, BIOFLOC AND ITS COMBINATION ON PRODUCTION RESULTS AND HEMATOLOGICAL PROFILE OF TILAPIA *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

By

Reynaldo

Tilapia cultivation is inseparable from production and health constraints. For this reason, it is necessary to improve technology in tilapia maintenance media. This study aimed to determine the yield and hematological profile of tilapia with aquaponics, biofloc, and a combination of aquaponics and biofloc. The research was carried out at the Aquaculture Laboratory, Department of Fisheries and Marine Science, Faculty of Agriculture, University of Lampung from January to February 2023. This study used a completely randomized design (CRD) method consisting of 3 treatments, namely aquaponics (romaine lettuce), biofloc (bacillus bacteria), feed and molasses with C/N Ratio 15) and combination (aquaponics and biofloc). Maintenance was carried out for 30 days with feeding 3 times a day with a feeding rate of 3%. In this study there was an effect of significantly different treatment results on the yield parameters of tilapia production. The research results showed that the cultivation method had an effect on the yield parameters tilapia production, namely absolute weight growth, specific growth rate and feed conversion ratio. Each culture system treatment has an increasing effect on the results of the tilapia hematological profile analysis. The hematological profile of tilapia in this study showed normal results.

Key word : Tilapia, aquaponics, biofloc, production results, hematology.

**APLIKASI AKUAPONIK SELADA ROMAINE, BIOFLOK, DAN
KOMBINASINYA TERHADAP HASIL PRODUKSI SERTA
PROFIL HEMATOLOGI PADA IKAN NILA (*Oreochromis niloticus*)
(Linnaeus, 1758)**

Oleh

REYNALDO

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERIKANAN**

pada

**Jurusan Perikanan dan Kelautan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2023**

Judul Skripsi : **APLIKASI AKUAPONIK SELADA
ROMAINE, BIOFLOK, DAN
KOMBINASINYA TERHADAP HASIL
PRODUKSI SERTA PROFIL
HEMATOLOGI PADA IKAN NILA
(*Oreochromis niloticus*) (Linnaeus, 1758)**

Nama Mahasiswa : **Reynaldo**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914111025**

Program Studi : **Budidaya Perairan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

Dr. Supono, S.Pi., M.Si
NIP. 19701002 200501 1 002

Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.
NIP. 19851223 202012 1 008

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**

Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 19700815 199903 1 001

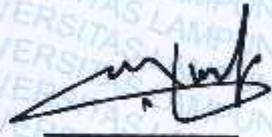
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

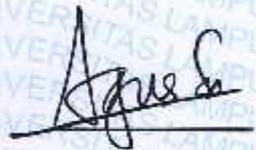
Ketua : **Dr. Supono, S.Pi., M.Si.**



Sekretaris : **Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Arwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal lulus ujian skripsi : **05 Juni 2023**

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Karya tulis/skripsi ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik sarjana baik di Universitas Lampung maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Tim Pembimbing.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan naskah, dengan naskah disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya tulis ini serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2023
Yang membuat pernyataan,



Reynaldo
NPM. 191411025

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan pada tanggal 15 September 2001 di Desa Bumi Nabung Ilir, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Anang dan Ibu Sari Sanjani. Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-Kanak (TK) Al Firman (2005-2007). Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di SDN 05 Bumi Nabung Ilir (2008-2013). Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di MTs Ma'arif 05 Bumi Nabung dan lulus pada 2016,

kemudian melanjutkan pendidikan di MA Ma'arif 14 Bumi Nabung dengan mengambil Jurusan Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) hingga lulus pada 2019. Pada 2019 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur PMPAP Unila. Pada Januari-Februari 2022 penulis melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Kampung Varia Agung, Kecamatan Seputih Mataram, Kabupaten Lampung Tengah, Provinsi Lampung.

Penulis aktif di organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Hi-mapik) sebagai anggota bidang Pengabdian Masyarakat pada tahun 2022. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Mikrobiologi dan Biologi Organisme Akuatik Dasar pada 2021. Pada 2021 penulis pernah menjadi tutor Forum Ilmiah Mahasiswa (Filma) Fakultas Pertanian. Penulis melakukan penelitian bulan Januari-Februari 2023 di Laboratorium Budidaya Perikanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dengan judul “Aplikasi Akuaponik Selada Romaine, Bioflok, dan Kombinasinya terhadap Hasil Produksi serta Profil Hematologi pada Ikan Nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758).

PERSEMBAHAN

Segala puji hanya milik ALLAH SWT, Rabb alam semesta yang selalu senantiasa memberi rahmat, penyejuk hati dan hidayah. Ungkapan syukurku kepada Allah SWT atas segala karunia dan kasih sayang-Nya untuk menyelesaikan skripsi ini, begitu maha dermawan-Nya Engkau ya Allah yang memberikan kemudahan dan pertolongan kepadaku sehingga aku dapat menyelesaikan skripsi ini dengan tepat waktu.

Dengan penuh ketulusan kupersembahkan skripsi ini untuk kedua orang tua ku, Bapak Anang Romuzin dan Ibu Sari Sanjani. Banyak pengorbanan yang telah mereka lakukan untukku yang selalu senantiasa memberikan doa, dukungan yang tiada henti dalam setiap keadaan dan keputusan, selalu menerima segala kekurangan, serta memberikan perhatian penuh yang tak ada habisnya. Pencapaian ini adalah persembahan yang teramat istimewa untuk mereka berdua.

Kakak dan Adik-adikku

*Trifida, Permata Ramadhani dan Zaldi Gibran
yang selalu mendukung dan mendoakanku*

Seluruh keluargaku dan sahabat-sahabatku

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung

MOTTO

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka apabila kamu telah selesai (dari suatu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan yang lain).”

(QS Al-Insyirah:6)

“Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah keadaan suatu kaum, sebelum mereka mengubah keadaan diri mereka sendiri.”

(QS Ar Rad:11)

“Ketakutan adalah penjara bernama kegagalan. Taklukkanlah rasa takut karena sukses adalah hak pemberani.”

(Jefri Al Buchori)

“Salah satu pengerdilan terkejam dalam hidup adalah membiarkan pikiran yang cemerlang menjadi budak bagi tubuh yang malas yang mendahulukan istirahat sebelum lelah”

(Buya Hamka)

SANWACANA

Dengan rasa syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya, pada akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Aplikasi Akuaponik Selada Romaine, Bioflok, Dan Kombinasinya terhadap Hasil Produksi serta Profil Hematologi pada Ikan Nila *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)” sebagai syarat untuk menyanggah gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini dapat diselesaikan berkat dukungan dan bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada yang terhormat:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Munti Sarida, S.Pi., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Program Studi Budidaya Perairan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
4. Hilma Putri Fidyandini, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan arahan dan bimbingan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan.
5. Dr. Supono, S.Pi., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah bersedia dalam memberikan materi, dukungan, bimbingan, saran, dan kritik dalam proses penyelesaian skripsi ini.

6. Maulid Wahid Yusup, S.Pi., M.Si. selaku Pembimbing Kedua yang telah memberikan fasilitas serta arahan di lapangan selama penelitian berlangsung dan penulisan skripsi.
7. Dr. Agus Setyawan, S.Pi., M.P. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan dukungan, kritik, dan saran sebagai perbaikan dalam penulisan skripsi ini.
8. Dosen-dosen Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat serta pengalaman hidup kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
9. Seluruh staf administrasi Jurusan Perikanan dan Kelautan yang telah membantu segala urusan administrasi selama masa perkuliahan.
10. Kedua orang tua tercinta dan keluarga besar yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan secara materil maupun moril, serta bimbingan pada setiap pilihan yang diambil sehingga penulis dapat menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
11. Tim KPS (Dhifa Zafirah, Novriansyah, Dimas Ferdiansyah, dan Zeda Erdian) atas dukungan selama proses menyelesaikan skripsi.
12. Teman seperjuangan, David Surya Atmaja, Gilang Febriansyah, dan Fina Setyaningrum yang telah membantu proses penelitian
13. Kakak tingkat saya, Cindi Arina, Rya Fatunnisa, Dwi Ramadhan, dan Dhea Adinda yang senantiasa memberikan bantuan dan arahan
14. Duta Generasi Berencana Unila 2022 yang senantiasa memberikan dorongan dan motivasi bagi saya untuk menyelesaikan skripsi ini.

- 15. Keluarga Budidaya Perairan 2019 yang telah memberikan dukungan, semangat, dan pengalaman selama masa perkuliahan.
- 16. Seluruh pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah memberikan dukungan serta semangatnya.

Semoga Allah SWT membalas semua kebaikan, ketulusan serta rasa kekeluargaan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan manfaat bagi yang membaca dan juga yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 08 Agustus 2023



Reynaldo
NPM. 1914111025

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Kerangka Pemikiran.....	3
1.5 Hipotesis.....	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biologi Ikan Nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	7
2.1.1 Klasifikasi Ikan Nila.....	7
2.1.2 Morfologi Ikan Nila.....	8
2.1.3 Habitat Ikan Nila.....	9
2.1.4 Kebiasaan Makan.....	9
2.2 Bakteri <i>Bacillus</i>	10
2.3 Tanaman Selada Romaine.....	13
2.3.1 Klasifikasi Tanaman Selada Romaine.....	13
2.3.2 Morfologi Selada Romaine.....	14
2.4 Akuaponik.....	14
2.5 Bioflok.....	15
2.5.1 Jenis-jenis Bakteri Pembentuk Bioflok.....	16
2.5.2 Pembentukan Bioflok.....	17
2.6 Pertumbuhan Ikan Nila.....	18
2.7 Gambaran Darah Ikan.....	18
2.8 Kualitas Air.....	21

III. METODE PENELITIAN	22
3.1 Waktu dan Tempat	22
3.2 Alat dan Bahan	22
3.3 Rancangan Penelitian	22
3.4 Prosedur Penelitian	24
3.4.1 Persiapan Wadah Pemeliharaan	24
3.4.2 Persiapan Akuaponik	25
3.4.3 Persiapan Sistem Bioflok	25
3.5 Parameter Pengamatan	26
3.5.1 Pertumbuhan Panjang Mutlak	26
3.5.2 Pertumbuhan Bobot Mutlak	27
3.5.3 Laju Pertumbuhan Spesifik	27
3.5.4 Rasio Konversi Pakan	27
3.5.5 Tingkat Kelangsungan Hidup	28
3.6 Profil Hematologi	29
3.6.1 Kadar Hematokrit (He)	29
3.6.2 Kadar Hemoglobin (Hb)	29
3.6.3 Total Eritrosit	29
3.6.4 Total Leukosit	29
3.7 Kualitas Air	29
3.8 Kelimpahan Bakteri	30
3.9 Volume Flok	30
3.10 Biomassa Tanaman	30
3.11 Analisis Data	30
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	31
4.1 Performa Ikan Nila	31
4.1.1 Pertumbuhan Panjang Mutlak	31
4.1.2 Pertumbuhan Bobot Mutlak	32
4.1.3 Laju Pertumbuhan Spesifik	32
4.1.4 Rasio Konversi Pakan	33
4.1.5 Tingkat Kelangsungan Hidup	34
4.2 Profil Hematologi	35
4.2.1 Hematokrit	35
4.2.2 Hemoglobin	35
4.2.3 Eritrosit	36
4.2.4 Leukosit	37
4.3 Kualitas Air	38
4.4 Kelimpahan Bakteri	39
4.5 Volume Flok	39
4.6 Pengukuran Biomassa Tanaman	40
4.7 Pembahasan	40

V. SIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Simpulan	47
5.2 Saran	47
DAFTAR PUSTAKA	49
LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1... Kerangka pikir penelitian.	4
2... Ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>).....	8
3... <i>Bacillus</i> sp	13
4... Selada romaine	14
5... Profil hematologi ikan nila	20
6... Denah wadah penelitian	23
7... Wadah pemeliharaan akuaponik	25
8... Pertumbuhan panjang mutlak ikan nila.	31
9... Pertumbuhan bobot mutlak ikan nila	34
10... Laju pertumbuhan spesifik ikan nila	33
11... Rasio konversi pakan ikan nila	34
12... Tingkat kelangsungan hidup ikan nila	34
13... Kadar hematokrit ikan nila	35
14... Kadar hemoglobin ikan nila	36
15... Kadar eritrosit ikan nila	37
16... Kadar leukosit ikan nila	38
17... Kelimpahan bakteri <i>Bacillus</i> perlakuan akuaponik, bioflok, dan kombinasi	39
18... Volume flok perlakuan bioflok dan kombinasi	40
19... Aklimatisasi	62
20... Sistem bioflok	62
21... Kolam pemeliharaan	62
22... Sistem akuaponik	62
23... Kultur bakteri	62
24... Volume flok	62
25... Sampling panjang ikan	63
26... Sampling bobot ikan	63

27... Pemberian pakan harian	63
28... Pengambilan darah ikan	63
29... Biomassa tanaman selada romaine.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1.. Komponen sistem penelitian pada masing-masing perlakuan pada penelitian.....	24
2.. Metode yang digunakan pada pengujian profil hematologi, kualitas air ke- limpahan pahan bakteri, volume flok dan biomassa tanaman.....	28
3.. Komponen sistem penelitian pada masing-masing perlakuan pada penel- itian.....	38
4.. Biomassa tanaman selada romaine.....	40

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1.. Analisis data pertumbuhan ikan nila	55
2.. Dokumentasi penelitian	62

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Budi daya perikanan di Indonesia memiliki potensi dalam menunjang persediaan pangan nasional, penciptaan lapangan kerja, serta mendatangkan pendapatan negara dari ekspor. Selama lebih dari beberapa dekade, kontribusi perikanan di Indonesia terus mengalami peningkatan. Kementerian Kelautan dan Perikanan mencatat produksi sektor perikanan secara nasional mencapai 24,48 juta ton pada tahun 2021 dan akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya (KKP, 2022). Secara umum produksi perikanan budi daya memiliki kontribusi yang besar terhadap total produksi perikanan skala nasional. Salah satu komoditas air tawar yang banyak diminati oleh masyarakat untuk memenuhi kebutuhan protein harian adalah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) (Mulyani *et al.*, 2014).

Ikan nila merupakan salah satu jenis ikan air tawar yang banyak ditemukan di masyarakat dan dibudidayakan di Indonesia sekaligus merupakan salah satu komoditas ikan budidaya populer di dunia. Departemen Perikanan dan Akuakultur FAO menempatkan ikan nila pada urutan ketiga setelah salmon dan udang yang menjadi salah satu sukses akuakultur dunia. Kementerian Kelautan dan Perikanan mencatat, produksi ikan nila skala nasional mencapai 1,35 juta ton pada tahun 2021 dan akan terus mengalami peningkatan setiap tahunnya (KKP, 2022).

Budi daya ikan nila tidak terlepas dari kendalanya yaitu dalam hal hasil produksi serta kesehatan ikan tersebut. Untuk itu perlu perbaikan teknologi pada media pemeliharaan ikan nila. Menurut Hakim (2019) untuk meningkatkan

pertumbuhan yang baik, hasil produksi, serta kesehatan ikan perlu dilakukan upaya dalam budi daya dengan teknologi yang memungkinkan ikan nila dipelihara pada media yang cocok dan terkontrol. Pada umumnya kegiatan budi daya ikan nila dilakukan pergantian air untuk menjaga kualitas airnya tetap optimal. Akan tetapi, pergantian air tersebut dapat berdampak pada penggunaan air yang tinggi dan buangan tersebut dapat menjadi limbah pencemaran pada lingkungan perairan di sekitarnya akibat akumulasi bahan organik hasil kegiatan budi daya (Ekasari, 2009).

Akuaponik merupakan sebuah teknologi budi daya yang melakukan kombinasi melalui pemeliharaan ikan dengan tanaman (Nelson, 2008). Akuaponik merupakan teknologi budi daya yang ramah lingkungan sebab dapat menurunkan konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat pada media pemeliharaan ikan (Djokosetiyanto *et al.* 2008). Berdasarkan penelitian Rahman (2019) budi daya ikan nila dengan sistem akuaponik memberikan pengaruh terhadap hasil produksi ikan nila yakni dengan hasil terbaik. Sistem akuaponik dapat merubah kandungan amonia dengan proses oksidasi menjadi nitrit oleh bakteri *nitrosomonas* yang kemudian dalam kondisi aerob nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri *nitrobacter* (Rahmadhani *et al.*, 2020). Nitrat yang telah dihasilkan akan menjadi sumber nutrisi utama bagi tanaman pada sistem akuaponik. Menurut Endut *et al.* (2010), keuntungan dari sistem akuaponik dibandingkan dengan sistem lain, yaitu adanya biofilter oleh tumbuhan, sehingga akan menjaga kualitas air pada media budi daya perikanan. Faktor kekurangan dalam sistem ini yaitu limbah padatan feses ikan belum termanfaatkan dengan maksimal sehingga masih terdapat limbah amonia yang tinggi (Oladimeji *et al.*, 2018).

Salah satu sistem yang menjadi alternatif untuk memecahkan masalah kualitas air adalah dengan menggunakan sistem bioflok. Sistem bioflok memanfaatkan feses ikan dan amonia dengan penambahan bahan karbon untuk menumbuhkan bakteri heterotrof pembentuk flok (Bossier & Ekasari, 2017). Berdasarkan penelitian Alfiani (2014) sistem budi daya dengan bioflok memberikan pengaruh terhadap gambaran hematologi ikan. Hal ini tentunya berkaitan dengan respon imun ikan tersebut terhadap media bioflok. Dalam sistem bioflok budi daya perikanan

umumnya menerapkan prinsip asimilasi nitrogen oleh bakteri heterotrof melalui modifikasi rasio C/N dalam air (Avnimelech, 1999). Nantinya bakteri ini membentuk agregat yang biasa disebut flok yang tidak hanya terdiri atas bakteri tersebut, tetapi juga mikroorganisme lain, seperti mikroalga, zooplankton, dan partikel bakteri lainnya. Teknologi bioflok saat ini menjadi teknologi yang terus dikembangkan dalam akuakultur karena memiliki keuntungan, di antaranya dapat meningkatkan produktivitas, menjadi sumber protein bagi organisme yang dipelihara, berperan dalam pengendalian kualitas air, serta meningkatkan biosekuriti (Ekasari, 2009). Akan tetapi, limbah nitrat dalam sistem ini belum dimanfaatkan secara maksimal (Deng *et al.*, 2018). Kombinasi akuaponik dan bioflok merupakan gabungan dua sistem budi daya yang diharapkan mampu mengoptimalkan pengelolaan kualitas air, meningkatkan hasil produksi, serta berpengaruh terhadap profil hematologi ikan nila. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mengevaluasi penerapan sistem akuaponik, bioflok, dan kombinasinya terhadap hasil produksi dan profil hematologi ikan nila.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari hasil produksi serta profil hematologi ikan nila dengan sistem akuaponik, bioflok, dan kombinasi antara akuaponik dan bioflok.

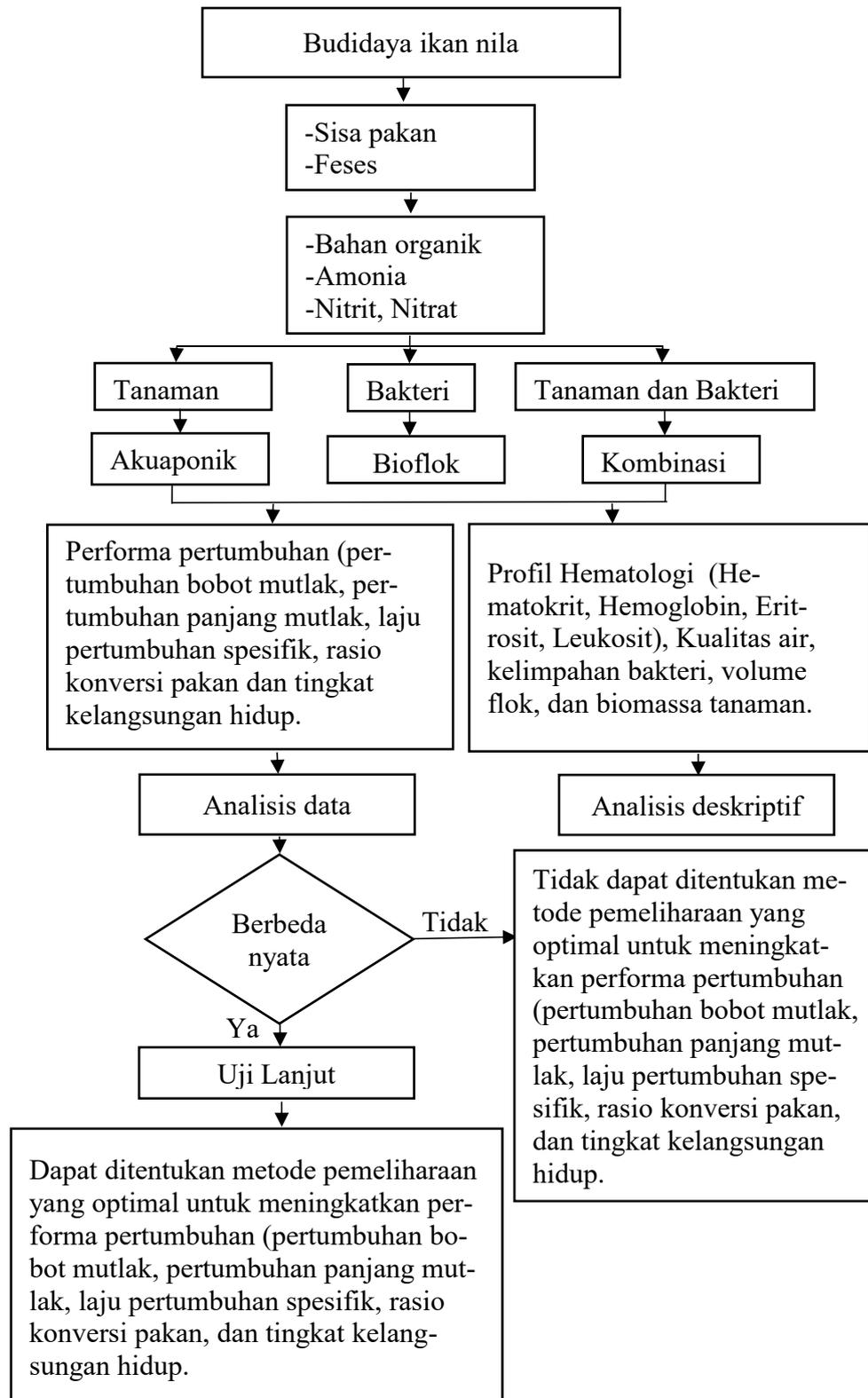
1.3 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai sistem budi daya terbaik yang dapat diterapkan untuk menghasilkan produksi serta profil hematologi ikan nila tertinggi.

1.4 Kerangka Pemikiran

Permasalahan yang terjadi dalam budi daya ikan nila adalah rendah dan sulitnya kinerja produksi dari ikan tersebut. Umumnya hal ini terjadi akibat kurangnya pengetahuan para pembudi daya dalam pemeliharaan ikan yang baik. Maka dari itu penelitian ini akan meneliti bagaimana mengenai hasil produksi ikan nila dan profil hematologi apabila melakukan budi daya dengan sistem akuaponik, bioflok,

dan kombinasi dari akuaponik dan bioflok. Berikut merupakan kerangka pemi-
kiran penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Pertumbuhan bobot mutlak

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan nila.

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan bobot mutlak ikan nila.

2. Pertumbuhan panjang mutlak

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) tidak berbeda nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak ikan nila.

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) yang berbeda nyata terhadap pertumbuhan panjang mutlak ikan nila.

3. Laju pertumbuhan spesifik

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) tidak berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik mutlak ikan nila.

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan nila.

4. Rasio konversi pakan

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) tidak berbeda nyata terhadap rasio konversi pakan ikan nila.

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) yang berbeda nyata terhadap rasio konversi pakan ikan nila.

5. Tingkat kelangsungan hidup

H_0 : semua $\tau_i = 0$: Semua pengaruh model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) tidak berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan nila.

H_1 : minimal ada satu $\tau_i \neq 0$: Minimal ada satu pengaruh perlakuan model pemeliharaan (akuaponik, bioflok, dan kombinasinya) yang berbeda nyata terhadap tingkat kelangsungan hidup ikan nila.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*)

Ikan nila merupakan ikan yang memiliki pertumbuhan cepat dibandingkan dengan jenis ikan lainnya. Nila dapat tumbuh sampai ukuran 1 kg lebih per ekor dan menjadi salah satu ikan pilihan bagi pembudi daya ikan karena nilai jualnya yang tinggi sekaligus pertumbuhannya yang sangat cepat, sehingga waktu panennya lebih pendek. Menurut Iskandar *et al.* (2021), ikan nila tergolong mudah jika dibudidayakan dengan berbagai macam cara, yaitu menggunakan kolam, keramba, di sawah, bahkan di kolam air payau.

2.1.1 Klasifikasi Ikan Nila

Pada awalnya, ikan nila termasuk ke dalam jenis *Tilapia nilotica* atau ikan dari golongan tilapia yang tidak mengerami telur dan larva di dalam mulut induknya. Dalam perkembangannya, para pakar perikanan menggolongkannya ke dalam jenis *Sarotherodon niloticus* atau kelompok ikan tilapia yang mengerami telur dan larvanya di dalam mulut induk jantan dan betina.

Pada akhirnya, diketahui bahwa induk nila betina yang mengerami telur dan larva di dalam mulut. Kemudian para pakar perikanan memutuskan bahwa nama ilmiah yang tepat untuk ikan ini adalah *Oreochromis niloticus* atau *Oreochromis* sp. Menurut Shipton *et al.* (2008), klasifikasi ikan nila adalah sebagai berikut:

Kingdom : Animalia
Filum : Chordata
Sub filum : Vertebrata

Kelas : Osteichthyes
Ordo : Percomorphi
Sub ordo : Perchoidae
Famili : Cichlidae
Genus : *Oreochromis*
Spesies : *Oreochromis niloticus*



Gambar 2. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*)

Keunggulan budidaya ikan nila antara lain ikan ini yaitu dapat dibudidayakan di berbagai perairan, baik air tawar, payau maupun air laut, karena ikan nila ini bersifat *euryhaline* atau dapat mentolerir perairan dengan salinitas dan kondisi lingkungan yang buruk, mudah bereproduksi, pertumbuhan relatif cepat, respon terhadap pakan buatan serta ketahanan terhadap penyakit (Aniputri *et al.*, 2018).

2.1.2 Morfologi Ikan Nila

Nila memiliki bentuk tubuh yg pipih memanjang ke samping dengan garis vertikal 9-11 butir berwarna hijau kebiruan, rona garis ini akan semakin jelas ke arah bagian perut. Pada ujung sirip ekor nila berwarna kemerah-merahan yang ditandai garis melintang berjumlah 6-12 garis, sedangkan pada bagian punggungnya terdapat garis-garis yang berbentuk miring. Nila memiliki letak mulut terminal, gurat sisi (*linea lateralis*) terputus 2 bagian. Jumlah sisik dalam garis rusuk 34 buah menggunakan tipe sisik *ctenoid*. Bentuk sirip ekor berpinggiran tegak. Jenis kelamin nila yg masih ukuran benih belum bisa dilihat perbedaannya antara jantan

dan betina. Perbedaannya bisa diamati ketika beratnya telah mencapai 50 g (Salabila & Suprpto, 2019). Menurut Iskandar *et al.* (2021), ikan nila sebagai salah satu ikan perairan tawar yang memiliki karakteristik fisik sangat unik, yaitu sirip sebagai bagian vital sangat berperan penting dalam adaptasi kehidupan kelas pisces ini. Kelima sirip pada ikan nila terdapat pada bagian punggung (*dorsal fin*), dada (*pectoral fin*), perut (*ventral fin*), anus (*anal fin*) dan, ekornya (*caudal fin*) yang menjadi pendukung gerak ikan nila.

2.1.3 Habitat Ikan Nila

Nila dapat hidup di perairan yang dalam dan luas. Ikan ini mampu menoleransi air bersalinitas yang cukup luas, nila dapat hidup maupun di kolam yang sempit dan dangkal, baik air tawar hingga payau, mulai dari ketinggian 0–1.000 mdpl. Suhu yang baik untuk pertumbuhan 25-30°C, sedangkan suhu kolam yang dapat ditolerir ikan nila yakni 15-37°C. pH optimal antara 7-8, dan kadar oksigen antara 3-5 ppm. Ikan nila dapat hidup pada salinitas 31-35 ppt dengan aklimatisasi yang baik, tetapi pertumbuhannya lambat (Ghufran, 2010).

2.1.4 Kebiasaan Makan

Pakan merupakan sumber energi bagi ikan. Makanan berfungsi sebagai penghasil energi bagi tubuh. Kandungan yang terdapat di dalam makanan, antara lain lemak karbohidrat, dan protein yang menstimulasi energi untuk proses metabolisme. Pakan yang dapat diberikan untuk ikan nila adalah pakan alami, pakan tambahan, dan pakan buatan. Efektivitas pemberian pakan nila dilakukan 3-4 kali dalam sehari, yaitu pada pagi, siang, dan sore hari.

Pakan merupakan komponen penting dalam menunjang budi daya ikan, terutama sebagai sumber energi untuk melakukan aktivitas, reproduksi, tumbuh, dan berkembang. Pakan berfungsi sebagai penyedia energi bagi aktivitas sel-sel tubuh. Pakan ikan dapat digolongkan menjadi 2 macam, yakni pakan buatan atau pakan komersial, merupakan pakan yang sengaja dibuat dengan formulasi tertentu

dengan tetap memperhatikan kandungan nutrisi, kualitas bahan baku, dan nilai ekonomis. Pakan komersial untuk ikan yang sering ditemui yakni dalam bentuk pelet. Pelet memiliki keunggulan, yakni mudah didapat, tidak bergantung musim, mudah dalam pemberian, dan tidak mencemari media pemeliharaan (Thaiin, 2016).

Menurut Ramlah *et al.* (2016), ikan nila akan cepat tumbuh apabila persediaan pakan sebanding dengan jumlah ikan. Budidaya nila intensif membutuhkan pakan dengan kandungan protein 20-25 %, sedangkan dosis pakan disesuaikan jumlah ikannya sekitar 3-5% dari bobot biomassa. Pada pemeliharaan sistem ekstensif (tradisional) dengan padat penebaran rendah, ikan nila tidak perlu diberi pakan tambahan. Pada sistem pemeliharaan semi intensif, habitat dipupuk agar pakan alami tumbuh lebih subur, sedangkan pada pemeliharaan secara intensif, selain pupuk juga perlu pakan tambahan berupa pelet dengan kadar protein 25-26 %. Banyaknya pakan tambahan antara 2-3 % berat ikan per hari.

2.2 Bakteri *Bacillus*

Bakteri adalah mikroorganisme prokariotik uniseluler yang bereproduksi secara aseksual dengan pembelahan sel. Bakteri tidak memiliki klorofil, tetapi ada pula yang fotosintetik. Bakteri yang hidup bebas, parasit, saprofit, yang merupakan patogen bagi manusia, hewan, dan tumbuhan. Bakteri memiliki berbagai jenis habitat, seperti di alam, tanah, laut, atmosfer, bahkan lumpur. Bakteri termasuk struktur seluler tanpa selubung inti, sedangkan komponen genetiknya terletak pada molekul DNA tunggal di sitoplasma (Alimuddin, 2005). Bakteri memiliki bentuk dasar bulat, seperti batang, dan melengkung. Faktor yang memengaruhi bentuk bakteri adalah umur dan kondisi pertumbuhan tertentu. Bakteri dapat mengalami degenerasi, yaitu perubahan bentuk yang disebabkan oleh berbagai faktor, seperti makanan, suhu, dan lingkungan yang kurang menguntungkan bagi bakteri.

Bacillus sp. adalah bakteri yang berbentuk batang, memiliki ukuran 0.3-3.2 x 1.27-0.7 μ m, memiliki bentuk batang yang membentuk rantai, membentuk endospora, namun endosporanya tidak lebih dari satu sel sporangium. Dapat digolongkan sebagai bakteri gram positif pada kultur muda, motil (reaksi non motil kadang terjadi), mampu menghasilkan spora yang umumnya resisten terhadap panas, bersifat aerob (beberapa spesies bersifat anaerob fakultatif), katalase positif, dan oksidasi bervariasi. Bakteri ini bersifat anaerob fakultatif, dapat bertahan pada kondisi lingkungan dengan suhu -5°C hingga 75°C dengan tingkat keasaman (pH) 2-8. Populasi *B. subtilis* akan menjadi dua kali banyaknya selama waktu tertentu apabila kondisi yang sesuai dan mendukung. Waktu ini dikenal dengan waktu generasi atau waktu penggandaan, yakni selama tepat 28.5 menit pada suhu 40°C (Djaenuddin & Muis, 2015). Tiap spesies *Bacillus* memiliki perbedaan dalam penggunaan gula dimana sebagian besar melakukan fermentasi dan sebagian tidak. *Bacillus* sp. merupakan salah satu jenis bakteri yang mempunyai kemampuan untuk menghasilkan protease. Protease ialah satu di antara tiga kelompok enzim komersial yang bisa diperdagangkan sebagai katalisator hayati (Baehaki, 2011).

Menurut Putri *et al.* (2016), *Bacillus* sp. mempunyai kemampuan membentuk endospora pada kondisi yang kurang menguntungkan. Bakteri ini dapat ditemukan dan dapat diisolasi dari tanah. Kemampuannya membentuk endospora menyebabkan bakteri ini relatif lebih tahan terhadap kondisi yang kurang menguntungkan dan kritis misalnya radiasi, panas, asam, desinfektan, kekeringan, nutrisi yang terbatas, dan dapat dorman dalam jangka waktu yang lama hingga bertahun-tahun.

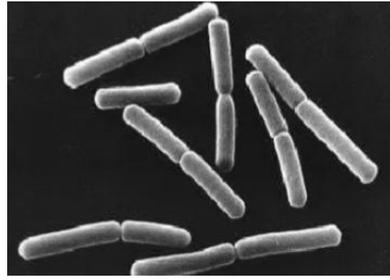
Bacillus sp. sangat potensial untuk dikembangkan dalam industri bioteknologi karena mempunyai sifat seperti memiliki kisaran suhu pertumbuhan yang luas, membentuk spora, kosmpolit, tahan terhadap senyawa antiseptik, bersifat aerob atau anaerob fakultatif, memiliki kemampuan enzimatik yang beragam, dan mampu melakukan biodegrasi terhadap banyak senyawa rekalsitran dan xenobiotik (Hatmanti, 2000).

Bacillus sp. dapat meningkatkan kesehatan tanaman dengan berbagai cara. Beberapa populasi menekan patogen dan hama tanaman dengan memproduksi metabolit antibiotik, sementara yang lain dapat langsung merangsang pertahanan tanaman inang sebelum infeksi. *Bacillus* juga dapat membantu penyerapan unsur hara untuk tanaman, yang berfungsi seperti *Rhizobium* dan simbiosis mikoriza dengan memperbaiki unsur nitrogen atmosfer.

Bacillus sp. tergolong bakteri yang mempunyai kemampuan untuk menekan beberapa penyakit pada tanaman. Bakteri *Bacillus* dapat diperoleh dari tanah, air, udara, dan materi tumbuhan yang terdekomposisi. Sebagian *Bacillus* bersifat motil (mampu bergerak). Hal ini disebabkan oleh flagel yang dimiliki dimana ketika dipanaskan akan membentuk endospora yaitu bentuk dorman sel vegetatif sebagai bentuk pertahanan diri yang hadir ketika kondisi sedang ekstrim (Grauman, 2007).

Klasifikasi bakteri berdasarkan aturan tata nama menurut Madigan *et al.* (2005) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Procaryotae
Filum	: Firmicutes
Divisi	: Bacteria
Kelas	: Schizomycetes
Ordo	: Eubacteriales
Famili	: Bacillaceae
Genus	: <i>Bacillus</i>
Species	: <i>Bacillus</i> sp.



Gambar 3. *Bacillus* sp.

Sumber : Husniyah (2018)

2.3 Tanaman Selada Romaine

Selada romaine (*Lactuca sativa* L.) adalah tanaman yang berasal dari kawasan Asia Barat. tanaman ini akhirnya dapat meluas ke berbagai negara. Daerah penyebarannya adalah Malaysia, Karibia, Afrika Timur, Afrika Tengah, dan Afrika Barat.

2.3.1 Klasifikasi Tanaman Selada Romaine

Menurut Williams *et al.* (1993), tanaman selada romaine memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Asterales
Famili	: Asteraceae
Genus	: <i>Lactuca</i>
Species	: <i>Lactuca sativa</i>



Gambar 4. Selada Romaine

2.3.2 Morfologi Selada Romaine

Selada romaine adalah tanaman sayuran yang memiliki gabungan akar tunggang dan serabut. Akar serabut pada selada romaine menempel pada batang dan tumbuh menyebar ke semua arah pada kedalaman 20 cm atau lebih. Daun selada romaine memiliki bentuk, ukuran, dan warna yang beragam. Tinggi tanaman selada daun berkisar antara 30 cm dan tinggi tanaman selada kepala berkisar 20-30 cm. Umur panen selada romaine umumnya antara 30 hari sesudah tanam. Berat tanaman sangat beragam, mulai dari 100 g hingga 400 g. Selada romaine yang bagus memiliki rasa yang tidak pahit, aromanya segar dan tampilan fisik menarik (Rutbatzy dan Yamaguchi, 1998). Suhu lingkungan untuk produksi selada romaine adalah sekitar 15-25°C, jika suhu lebih dari 30°C dapat menghambat pertumbuhan selada romaine.

2.4 Akuaponik

Akuaponik merupakan kombinasi sistem akuakultur dan hidroponik yang saling menguntungkan. Fariudin *et al.* (2015) mengemukakan bahwa akuaponik merupakan teknologi budi daya yang ramah lingkungan sebab dapat menurunkan konsentrasi amonia, nitrit, dan nitrat pada media pemeliharaan (Djokosetiyanto *et al.*, 2008). Dalam sistem akuaponik, air pada media budi daya mengandung amonia, nitrit dan nitrat yang tinggi yang dimana hal tersebut akan dimanfaatkan oleh

tanaman sebagai unsur hara. Amonia dalam perairan bersifat toksik dan mengganggu kelangsungan hidup serta pertumbuhan ikan. Keuntungan dari sistem akuaponik dibandingkan dengan sistem lain yaitu adanya biofilter oleh tumbuhan, sehingga akan menjaga kualitas air pada media budi daya perikanan. Faktor kekurangan dalam sistem ini yaitu limbah padatan feses ikan belum dimanfaatkan dengan maksimal sehingga masih terdapat amonia yang tinggi (Oladimeji *et al.*, 2018).

2.5 Bioflok

Bioflok adalah kumpulan yang terdiri dari berbagai macam bakteri, fungi, mikroalga dan organisme lain yang tersuspensi dengan detritus dalam air media budi daya. Konsep dasar dari budi daya ini terdiri dari dua perlakuan, yang pertama adalah penerapan budi daya ikan konsep bakteri heterotrof dengan penggunaan probiotik heterotrof yang terdiri atas bakteri organotrof, *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., bakteri *chemoautothrof*: *Thiobacillus* sp., *Rhodobacter* sp., dan bakteri autotrof: plankton dari genus *Diatomae* dan *Chlorella*.

Kedua, penerapan pergantian air minimal (*minimum water exchange system*). Penggantian air hanya untuk mengganti penyusutan air karena penguapan. Volume penggantian air maksimal 5% per hari. Dengan sedikit ganti air, penggunaan probiotik dapat menjaga dominansi bakteri untuk pembentukan flok bakteri berupa partikel yang melayang dalam badan air yang menghalangi penetrasi cahaya matahari ke dalam air dan secara tak langsung membatasi ruang dan pertumbuhan plankton dan bakteri fotosintesis (Gaffar *et al.*, 2020). Sistem heterotrofik mempunyai potensi untuk diterapkan dalam pemanfaatan limbah amonia pada pemeliharaan ikan.

Pada sistem bioflok nutrisi atau zat makanan yang berupa molekul organik dan telah terbentuk sebelumnya disebut heterotrofik dan organisme yang memanfaatkan makanan jenis ini disebut organisme heterotrof. Menurut Crab *et al.* (2007), BFT dalam akuakultur adalah upaya memadukan teknik pembentukan bioflok

tersebut sebagai sumber pakan bagi ikan. Selanjutnya dijelaskan oleh Azim *et al.* (2008), bahwa tilapia dapat memakan komunitas bakteri dalam sistem BFT dan tumbuh baik dengan pakan berprotein rendah, sehingga menghemat biaya pakan.

2.5.1 Jenis-jenis Bakteri Pembentuk Bioflok

Bioflok terdiri atas partikel serat organik yang kaya akan selulosa, partikel an-organik berupa kristal garam kalsium karbonat hidrat, biopolimer (pHA), bakteri, protozoa, detritus (*dead body cell*), ragi, jamur, dan zooplankton. Sistem bioflok memanfaatkan feses ikan dan amonia dengan penambahan bahan karbon untuk menumbuhkan bakteri heterotrof pembentuk flok. Bakteri yang mampu membentuk bioflok di antaranya adalah *Zooglea ramigera*, *Escherichia intermembrae*, *Paracolonobacterium aerogenoids*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Flavobacterium*, *Pseudomonas alcaligenes*, *Sphaerotillus natans*, *Tetrad* dan, *Tricoda* (Gaffar *et al.*, 2020).

Menurut Stolp & Smith (1988), *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. adalah generasi bakteri yang dapat menggunakan komponen karbon dan juga memiliki kemampuan untuk mengoksidasi substrat yang mengandung rantai C. Bakteri jenis *Bacillus* sp. dapat memperbaiki kualitas air karena dapat mendekomposisi materi organik, menekan pertumbuhan patogen serta menyeimbangkan komunitas mikroba sehingga dapat menyediakan lingkungan yang lebih baik bagi ikan. Bakteri *Bacillus* sp. dapat menghasilkan enzim dengan kisaran yang luas dan paling efektif merombak protein.

Bakteri heterotrofik dapat mengubah nutrien-nutrien tersebut menjadi biomass bakteri yang potensial dimanfaatkan sebagai bahan pakan ikan. Menurut Azim & Little (2008) bioflok mengandung 38% protein yang sangat bermanfaat sebagai sumber nutrisi untuk pertumbuhan ikan budi daya dan BFT mampu berkontribusi terhadap peningkatan produksi ikan nila sebesar 44-46% dibandingkan dengan menggunakan aplikasi BFT. Secara umum, bahan organik yang terdapat dalam air COD dan BOD dioksidasi secara aerob oleh bakteri pembentuk bioflok menjadi

gas CO₂ dan H₂O serta residu berupa massa *sludge (flocs)* sesuai dengan nilai konversi dari senyawa organik tersebut.

2.5.2 Pembentukan Bioflok

Prinsip dasar dari proses kerja ini yaitu mengubah senyawa organik dan anorganik yang mengandung senyawa karbon (C), hidrogen (H) oksigen (O), nitrogen (N) dengan sedikit posfor (P) yang tersedia menjadi massa *sludge* berupa bioflok dengan menggunakan bakteri pembentuk flok (*flocs forming bacteria*) yang mensintesis biopolimer polihidroksi alkanoat sebagai ikatan bioflok. Bakteri pembentuk flok dipilih dari genera bakteri yang nonpatogen, memiliki kemampuan mensintesis PHA, memproduksi enzim ekstraselular, memproduksi bakteriosin yang dapat mencegah bakteri patogen, mengeluarkan metabolit sekunder yang menekan pertumbuhan dan menetralkan toksin dari plankton merugikan, dan mudah dibiakkan di lapangan. Perubahan nitrogen dalam sistem akuakultur yang berperan dalam pengurangan kandungan amonia terdiri dari 3 proses yakni proses fotoautotrofik oleh alga, proses bakterial autotrofik yang mengubah amonia menjadi nitrat, dan proses bakterial heterotrofik yang mengubah amonia langsung menjadi biomassa bakteri. Proses biosintesis bakteri heterotrofik lebih cepat dibandingkan dengan biosintesis alga maupun nitrifikasi, yakni waktu regenerasi 10 jam dibandingkan 24-48 jam (Brune *et al.*, 2003). Beberapa bakteri heterotrof menghasilkan enzim ekstraseluler yang diekresikan ke luar selnya sehingga dapat mendegradasi nutrisi atau senyawa organik pada lingkungan tempat tumbuhnya.

Bioflok yang terbentuk berfungsi bagi pemurnian (purifikasi) air di kolam, dengan fungsi sebagai pengoksidasi bahan organik lebih lanjut, melangsungkan nitrifikasi, dan pembatas pertumbuhan plankton. Pembibitan bioflok skala kecil dilakukan secara *in door* dalam wadah fermentasi tertentu, baik dalam drum atau bak fiber ke dalam air bersih (tawar atau asin). Kemudian ditambahkan pakan ikan dengan konsentrasi 1% dan 1% nutrient bakteri yang berupa campuran larutan *buffer* pH, osmoregulator berupa garam isotonik, vitamin B1, B6, B12, hormon pembelaan sel, dan perangsang (*precursor*) aktif yang merangsang bakteri untuk mengeluarkan enzim secara intensif, metabolit sekunder, dan bakteriosin. Selama

fermentasi berlangsung, diberi nutrient dan bibit bakteri baik dari isolat lokal atau bakteri produk komersil berbasis *Bacillus* sp. yang mengandung *Bacillus subtilis*, sebagai salah satu bakteri pembentuk bioflok. Campuran tersebut diaerasi dan diaduk selama 24-48 jam, pH diusahakan berkisar antara 6,0-7,2 sehingga *Bacillus* tetap dalam fase vegetatifnya, bukan dalam bentuk spora, dan PHA tidak terhidrolisis oleh asam sehingga ukuran partikel bioflok yang dihasilkan berukuran besar yaitu berkisar 100 ml.

2.6 Pertumbuhan Ikan Nila

Nila memiliki keunggulan dibandingkan dengan ikan air tawar lainnya. Keunggulan yang dimiliki yaitu laju pertumbuhan yang cepat. Hal tersebut menjadikan nila sebagai salah satu ikan pilihan bagi para petani ikan karena memiliki nilai jual yang tinggi, tumbuh sangat cepat, dan memiliki musim panen yang singkat. Menurut Iskandar *et al.* (2021), nila jantan dan betina memiliki laju pertumbuhan yang berbeda. Nila jantan lebih cepat tumbuh dibandingkan dengan nila betina. Selain itu, nila juga memiliki tingkat kelangsungan hidup yang tinggi. Tingkat kelangsungan hidup nila yang masih benih lebih tinggi dibandingkan dengan stadia pembesaran. Ketika dalam stadia benih, kelangsungan hidup nila mencapai 80% dan pembesaran lebih rendah, yaitu 65-75%. Laju pertumbuhan tubuh ikan nila yang dibudi dayakan bergantung pada pengaruh fisika dan kimia perairan dan interaksinya. Sebagai contoh, curah hujan yang tinggi akan mengganggu pertumbuhan tanaman air dan secara tidak langsung akan memengaruhi pertumbuhan ikan nila tersebut.

2.7 Gambaran Darah Ikan

Darah adalah sistem transportasi yang berfungsi untuk mengangkut nutrisi dari saluran pencernaan ke jaringan, mengangkut produk akhir metabolisme dari sel ke organ ekskresi, dan dari paru-paru ke jaringan pembawa oksigen. Berbagai komponen sistem imun dimaksudkan untuk melindungi tubuh dari berbagai penyakit sebagai sarana untuk mencegah masuknya mikroorganisme (Handayani *et al.*,

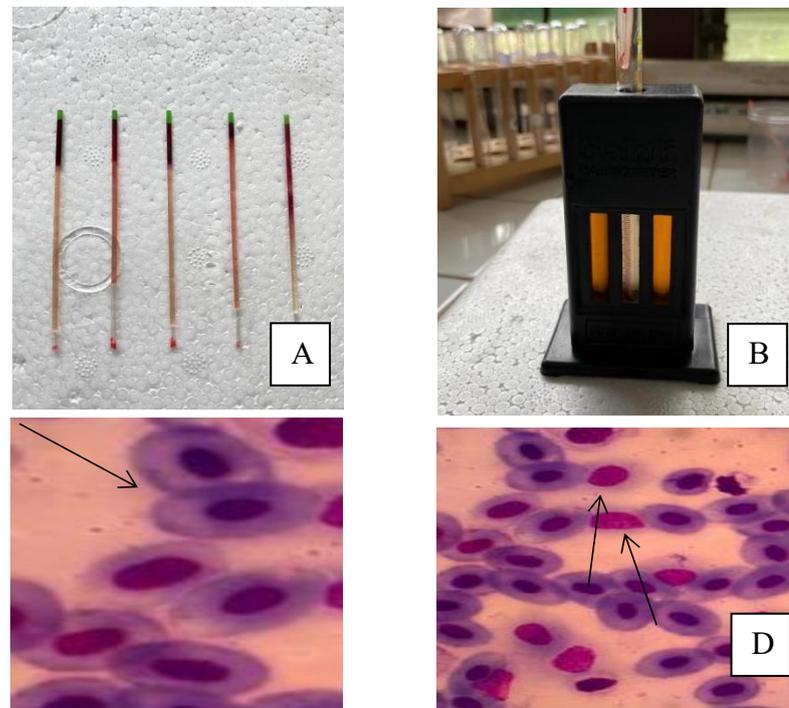
2013). Darah terdiri dari komponen cair yang disebut plasma dan berbagai elemen dalam plasma yang disebut sel darah. Sel darah terdiri dari eritrosit atau sel darah merah yang merupakan sel pembawa oksigen, leukosit atau sel darah putih yang merupakan sel yang berperan dalam kekebalan dan pertahanan tubuh, dan trombosit yaitu sel yang berperan dalam homeostasis. Plasma mengacu pada sel dan fragmen sel yang bebas dalam media cair darah. Sel, yang terdiri dari puing-puing sel, adalah elemen darah yang disebut elemen jadi. Plasma adalah cairan kompleks yang mengandung ion dan molekul organik dalam keseimbangan dinamis dengan cairan tubuh lainnya. Plasma mengandung 90% air, 7-8% protein, 1% elektrolit, dan 1-2% zat terlarut lainnya. Eritrosit adalah jenis sel darah merah yang paling umum dalam darah, berperan membawa oksigen serta dapat digunakan untuk menilai indikator kondisi fisiologis pada ikan (Hardi, 2002). Kondisi gambaran darah disebabkan perubahan komponen penyusun darah hal ini dapat dijadikan indikator status kesehatan ikan (Yahya, 2008).

Darah ikan tersusun dari sel-sel darah yang tersuspensi dalam plasma dan diedarkan ke seluruh jaringan tubuh melalui sirkulasi tertutup. Menurut Takashima & Hibiya (2005), darah tersusun atas cairan (plasma darah) dan elemen-elemen seluler (sel-sel darah). Plasma darah terdiri dari air, protein, lipid, dan ion. Adapun sel darah terdiri sel darah merah (eritrosit) dan sel darah putih (leukosit). Sel darah merah (eritrosit) ikan mempunyai inti umumnya berbentuk bulat dan oval bergantung pada jenis ikannya. Inti sel eritrosit terletak sentral dengan sitoplasma terlihat jernih kebiruan dengan pewarnaan giemsa. Trombosit berperan penting dalam kejadian inflamasi dan pendarahan (membantu proses pembekuan darah).

Sel darah putih (leukosit) ikan merupakan bagian dari sistem pertahanan tubuh yang bersifat nonspesifik. Lagler *et al.* (1977), mengungkapkan bahwa granulosit terdiri dari limfosit, monosit, dan trombosit. Sedangkan agranulosit terdiri dari basofil, netrofil, dan eosinofil. Secara morfologinya, limfosit adalah berupa sel darah kecil dengan nekluas yang besar (menempati bagian terbesar dari sel) tidak bergranula dan dikelilingi sejumlah kecil sitoplasma (Takashima & Hibiya, 2005). Limfosit biasanya merupakan proporsi sel darah putih terbanyak. Kisaran limfosit

adalah sangat bervariasi, tergantung tempat, musim, umur, spesies dan dipengaruhi pula jenis kelamin dan tingkat kematangan. Limfosit merupakan sel-sel pertahanan tubuh terpenting dan diklasifikasikan ke dalam 2 sub kelas yaitu sel B dan sel T. Sel B mempunyai kemampuan untuk bertransformasi menjadi sel plasma yaitu sel yang memproduksi antibodi, sedangkan sel T sangat berperan dalam mengontrol respon imun (Kresno, 2001).

Pada hematologi ikan, parameter darah yang diukur meliputi kadar hematokrit, kadar hemoglobin, total sel darah merah, dan total sel darah putih. Parameter lain yang biasa diukur adalah protein plasma, titer antibodi total, aktivitas fagositik, dan kadar kortisol (Anderson & Siwicki, 1993).



Gambar 5. Profil hematologi ikan nila

Keterangan : (a) pengukuran hematokrit ; (b) pengukuran hemoglobin
(c) eritrosit ; (d) leukosit

2.8 Kualitas Air

Kualitas air yaitu sifat air dan kandungan makhluk hidup, zat energi atau komponen lain di dalam air. Kualitas air dinyatakan dengan beberapa parameter yaitu parameter fisika (suhu, kekeruhan, padatan terlarut, dan sebagainya), parameter kimia (pH, oksigen terlarut, BOD, kadar logam, dan sebagainya), dan parameter biologi (keberadaan plankton, bakteri, dan sebagainya). Menurut Gustav (1998), kualitas air memegang peranan penting terutama dalam kegiatan budi daya. Penurunan mutu air dapat mengakibatkan kematian, pertumbuhan terhambat, dan timbulnya hama penyakit. Faktor yang berhubungan dengan air perlu diperhatikan antara lain: oksigen terlarut, suhu, pH, amonia, dan lain-lain. Sumber air yang baik dalam pembesaran ikan harus memenuhi kriteria kualitas air. Hal tersebut meliputi sifat-sifat kimia dan fisika air seperti suspensi bahan padat, suhu, gas terlarut, pH, kadar mineral, dan bahan beracun.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian dilaksanakan pada Januari-Februari 2023, yang bertempat di Laboratorium Budidaya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam proses pelaksanaan penelitian ini, yaitu kolam terpal berukuran 1 x 1 m² dengan ketinggian 0,75 meter sebanyak 12 unit, paralon, skopnet, *blower* 2 unit, tabung imhoff, tabung mikrohematokrit, pipet sahli, tabung Hb-meter, hemositometer, haemometer, gelas penutup, gelas obyek, mikroskop, *syringe*, tube darah, penggaris, timbangan digital, dan pompa akuaponik 6 unit.

Bahan yang digunakan dalam proses pelaksanaan penelitian ini yaitu bakteri *Bacillus*, ikan nila berukuran 10 gram, molase, akuades, larutan hayem's, larutan turks, larutan metanol, larutan giemsa, HCl 0,1 N, antikoagulan, pakan ikan, dan tanaman selada romaine.

3.3 Rancangan Penelitian

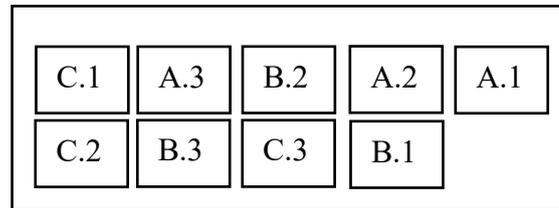
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental. Metode eksperimen dalam penelitian biasanya digunakan untuk menentukan besarnya pengaruh dari perlakuan yang digunakan terhadap dampak dalam kondisi yang terkendali. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari 3 perlakuan dan 3 ulangan. Perlakuan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu:

Perlakuan A : Akuaponik (selada romaine)

Perlakuan B : Bioflok (bakteri + bahan karbon)

Perlakuan C : Kombinasi (akuaponik dan bioflok)

Penentuan tata letak perlakuan dan ulangan setelah dilakukan pengacakan disajikan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Denah wadah penelitian

Model linear yang digunakan pada penelitian ini yaitu rancangan acak lengkap (RAL) dengan uji Anova yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$Y_{ij} = \mu + \mu_i + \sum_{ij}$$

Keterangan:

i = Perlakuan

j = Ulangan

Y_{ij} = Nilai pengamatan dari perlakuan akuaponik, bioflok, dan kombinasi ke-I terhadap pertumbuhan bobot mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup ikan nila pada ulangan ke-i

μ = Rataan umum

μ_i = Pengaruh perlakuan akuaponik, bioflok, dan kombinasi

\sum_{ij} = Pengaruh galat percobaan pada perlakuan kontrol akuaponik, bioflok, kombinasi akuaponik dan bioflok ke-i terhadap analisis pertumbuhan bobot mutlak, pertumbuhan panjang mutlak, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup ikan nila pada ulangan ke-i.

Tabel 1. Komponen sistem penelitian pada masing-masing perlakuan pada penelitian.

Komponen	(A) Akuaponik	(B) Bioflok	(C) Kombinasi
Ikan uji (<i>Oreochromis niloticus</i>)	Panjang : 10±0,57 Bobot : 9,8±0,38 Padat tebar : 50 ekor/kolam	Sama Sama	Sama Sama
Sayuran uji Selada romaine	10 titik tanam/perlakuan	Tidak ada	10 titik tanam /perlakuan
Bak pemeliharaan ikan	Bentuk : Kotak Persegi Tinggi bak : 750 cm Tinggi air : 500 cm	Sama	Sama
Aerasi	Satu unit : 100 Watt/ 220-240 V, 4 titik/kolam	Sama	Sama
Pompa air	Satu Unit 500 l/jam : 1.100 Watt	Tidak pakai	Sama
Pakan	Ukuran : PF 500 Protein : 35,5% Karbohidrat : 39,73% Lemak : 7,88% Serat kasar : 8,82%	Sama	Sama
Pemberian pakan	<i>Feeding rate</i> 3%	Sama	Sama
Desinfeksi awal	NaClO 30 ppm	Sama	Sama
Bahan karbon	Molase	Sama	Sama

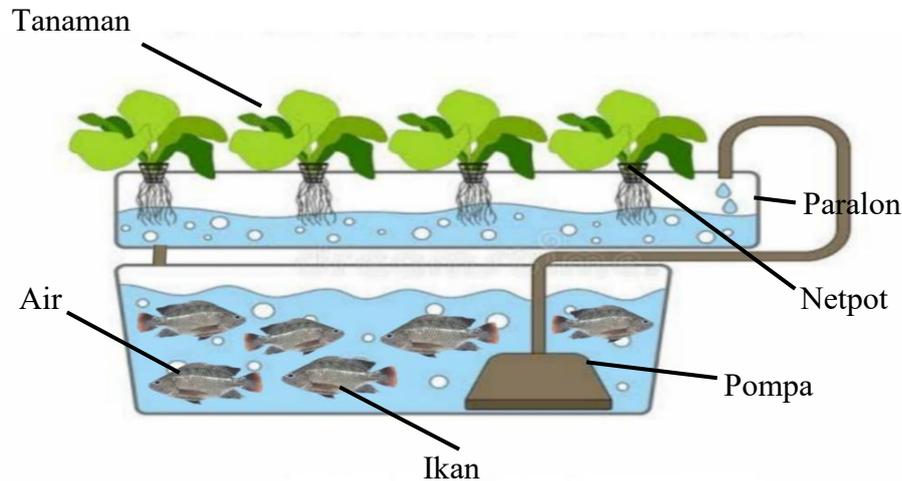
3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur yang digunakan dalam penelitian ini meliputi persiapan wadah pemeliharaan, persiapan ikan uji, instalasi akuaponik, dan pembuatan bioflok.

3.4.1 Persiapan Wadah Pemeliharaan

Pertama wadah kolam terpal dicuci menggunakan sabun dan dikeringkan terlebih dahulu. Setelah kering, kolam diisi dengan air bersih dengan ketinggian 0,5 m atau sebanyak 500 liter. Setelah air terisi dilakukan desinfeksi menggunakan bahan klorin natrium hipoklorit (NaClO) dengan dosis 30 ppm. Terakhir, air kolam diaerasi sampai kandungan klorin dalam air hilang.

Berikut merupakan desain wadah pemeliharaan akuaponik dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Wadah pemeliharaan akuaponik

3.4.2 Persiapan Akuaponik

Persiapan sistem akuaponik dimulai dari pemasangan instalasi akuaponik, pembersihan kompartemen filter. Wadah pemeliharaan pada sistem akuaponik dilengkapi dengan aerasi sebanyak 4 titik aerasi dengan debit 4 l/menit dan 1 unit pompa dengan debit 500 l/jam. Kompartemen tanaman terbuat dari paralon berdiameter 2 1/2 inci. Tanaman uji yang digunakan adalah selada romaine dengan jumlah daun 5 helai, berumur 1 minggu dengan berat 5 g/tanaman. Pada sistem resirkulasi akuaponik diisi dengan 10 tanaman selada romaine menggunakan jarak tanam ± 8 cm. Untuk tanaman selada ditanam pada media *rockwool* kemudian ditempatkan pada *net pot* (Wongkiew *et al.*, 2017).

3.4.3 Persiapan Sistem Bioflok

Persiapan sistem bioflok diterapkan hanya pada perlakuan bioflok dan kombinasi dimulai dari penumbuhan flok dengan cara penambahan bahan karbon berupa pakan dan molase dengan rasio C/N 15, jumlah molase yang diberikan mengacu pada penelitian (Avnimelech 1999) yakni 500 liter air dengan penambahan pakan

sebanyak 250 gram, molase 85 gram. Kemudian diberi bakteri inokulan *Bacillus*, selanjutnya diaerasi hingga flok mulai terbentuk. Untuk wadah pemeliharaan dilengkapi dengan aerasi sebanyak 4 titik dengan debit 4l/menit. Formulasi penentuan jumlah bahan sumber karbon yang digunakan untuk pemupukan adalah sebagai berikut.

*Formulasi pemberian bahan sumber karbon pada pemupukan awal.

Dengan asumsi pemberian pakan 250 g ke dalam 500 liter air.

250 g pakan ikan mengandung : 125 g karbon
Kandungan N : 14 g } Rasio C/N 15

$$15 = \frac{125 \text{ g pakan} + \text{C tambahan}}{14 \text{ g}}$$

$$210 \text{ g} = 125 \text{ g pakan} + \text{C tambahan}$$

$$\text{C tambahan} = 85 \text{ g (molase yang dibutuhkan)}$$

3.5 Parameter Pengamatan

Parameter yang diamati selama penelitian meliputi analisis hasil produksi (pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup), analisis hematologi (kadar hematokrit, kadar hemoglobin, eritrosit, dan leukosit), kualitas air, kelimpahan bakteri, dan data volume flok, kualitas air, perhitungan populasi bakteri, biomassa tanaman, dan volume flok.

3.5.1 Pertumbuhan Panjang Mutlak

Pertumbuhan panjang mutlak merupakan ukuran panjang dalam suatu waktu. Cara mengukur panjang total benih dilakukan dengan mengukur jarak antara ujung mulut sampai dengan ujung sirip ekor menggunakan jangka sorong atau penggaris yang dinyatakan dalam satuan centimeter. Pertumbuhan panjang mutlak dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Gustav, (1998):

$$L_m = L_t - L_o$$

Keterangan:

L_m = Pertumbuhan panjang mutlak (cm)

L_t = Panjang rata-rata ikan akhir (cm)

L_o = Panjang rata-rata ikan awal (cm)

3.5.2 Pertumbuhan Bobot Mutlak

Pertumbuhan berat mutlak adalah selisih berat total tubuh ikan pada akhir pemeliharaan dan awal pemeliharaan. Pertumbuhan mutlak dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Effendie (1997) sebagai berikut:

$$W_m = W_t - W_o$$

Keterangan:

W_m = Pertumbuhan berat mutlak (g)

W_t = Bobot rata-rata akhir (g)

W_o = Bobot rata-rata awal (g)

3.5.3 Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik dihitung dengan menggunakan persamaan menurut Steffens (1989):

$$LPS = \frac{(L_n W_t - L_n W_o)}{t} \times 100\%$$

Keterangan:

LPS = Laju pertumbuhan spesifik (%/hari)

$L_n W_t$ = Bobot ikan pada hari ke-t (g)

$L_n W_o$ = Bobot ikan pada hari ke-0 (g)

t = Lama pemeliharaan ikan (hari)

3.5.4 Rasio Konversi Pakan

Rasio konversi pakan adalah jumlah pakan (kg) yang dibutuhkan untuk menghasilkan 1 kg daging ikan dalam budi daya. Berikut persamaan untuk menghitung konversi pakan (Zonneveld *et al.*, 1991):

$$RKP = \frac{F}{W_t - W_o}$$

Keterangan:

RKP = Rasio konversi pakan

F = Jumlah pakan yang diberikan selama masa pemeliharaan (kg)

W_t = Biomassa akhir (kg)

W_o = Biomassa awal (kg)

3.5.5 Tingkat Kelangsungan Hidup

Kelangsungan hidup diperoleh berdasarkan persamaan yang dikemukakan oleh (Muchlisin *et al.*, 2016) yaitu:

$$TKH = \frac{N_t}{N_o} \times 100$$

Keterangan:

TKH = Tingkat kelangsungan hidup (%)

N_t = Jumlah ikan akhir (ekor)

N_o = Jumlah ikan awal (ekor)

Tabel 2. Metode yang digunakan pada pengujian profil hematologi, kualitas air kelimpahan bakteri, volume flok dan biomassa tanaman.

Pengujian	Parameter	Metode
Profil hematologi	Kadar hematokrit (He)	Anderson & Siwicki (1993)
	Kadar hemoglobin (Hb)	metode Sahli (Wedemeyer & Yasutake 1997)
	Kadar eritrosit	Blaxhall & Daisley (1973)
	Kadar leukosit	Blaxhall & Daisley (1973)
Kualitas air	Suhu	Thermo meter
	pH	pH meter
	DO	DO meter
	Amonia	Spektrofotometri
Kelimpahan bakteri	Total bakteri	(SNI 2015)
Volume bioflok	bioflok dalam 1 liter air	Avnimelech, (2009)
Biomassa tanaman	Total berat tanaman diakhir penelitian	Rahman, (2019)

3.6 Profil Hematologi

Gambaran darah yang diamati meliputi kadar hematokrit, kadar hemoglobin, jumlah eritrosit, dan leukosit yang dilakukan pada awal dan akhir penelitian.

3.6.1. Kadar Hematokrit (He)

Kadar hematokrit dihitung berdasarkan Anderson & Siwicki (1993) dengan mengukur sel darah merah yang mengendap dengan persamaan :

$$\text{Hematokrit} = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan:

a = panjang bagian darah yang mengendap

b = panjang total volume darah

3.6.2. Kadar Hemoglobin (Hb)

Prosedur pengukuran kadar hemoglobin digunakan metode Sahli (Wedemeyer & Yasutake 1997) dengan melihat pada skala jalur kuning (g%) yang menunjukkan banyaknya hemoglobin dalam gram per 100 ml darah.

3.6.3. Total Eritrosit

Menurut Blaxhall & Daisley (1973), total eritrosit dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sum \text{Eritrosit} = \sum \text{sel terhitung} \times \frac{1}{\text{Volume kotak}} \times \frac{1}{\text{faktor pengencer}}$$

3.6.4. Total Leukosit

Menurut Blaxhall & Daisley (1973), total leukosit dapat dihitung dengan persamaan :

$$\sum \text{Leukosit} = \sum \text{sel terhitung} \times \frac{1}{\text{Volume kotak}} \times \frac{1}{\text{faktor pengencer}}$$

3.7 Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati selama penelitian meliputi suhu, pH, DO, dan amonia yang dilakukan setiap 10 hari.

3.8 Kelimpahan Bakteri

Kelimpahan bakteri dihitung menggunakan metode TPC (total plate *count*) dengan media bakteri yang digunakan pada cawan petri yaitu TSA (*trypticase soy agar*). Jumlah koloni yang tumbuh pada media dihitung kemudian dikalikan dengan jumlah pengenceran yang telah dilakukan menurut (SNI 2015). Pengamatan kelimpahan bakteri dilakukan setiap 10 hari selama pemeliharaan.

3.9 Volume Flok

Volume flok merupakan jumlah dari kepadatan flok yang muncul dalam kolom air (Avnimelech, 2009). Pengukuran volume flok dilakukan setiap 10 hari dengan menggunakan tabung imhoff. Air sampel pemeliharaan sebanyak 1 liter dimasukkan ke dalam tabung imhoff, selanjutnya partikel yang mengendap kemudian dicatat menggunakan satuan ml l^{-1} (Avnimelech, 2009).

3.10 Biomassa Tanaman

Pengukuran biomassa tanaman dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Cara pengukuran dilakukan dengan menimbang bobot tanaman dengan timbangan digital sehingga terdapat jumlah bobot tanaman yang dihasilkan selama pemeliharaan.

3.11 Analisis Data

Data pertumbuhan panjang mutlak, pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik, rasio konversi pakan, dan tingkat kelangsungan hidup dianalisis dengan sidik ragam (Anova) dengan tingkat kepercayaan 95% menggunakan *software* SPSS versi 22. Apabila hasil menunjukkan perbedaan yang nyata maka diuji lanjut menggunakan uji Duncan pada tingkat kepercayaan 95%. Data parameter hematologi meliputi kadar hematokrit, kadar hemoglobin, eritrosit, leukosit, kualitas air, kelimpahan bakteri, data volume flok dan biomassa tanaman dianalisis secara deskriptif. Disajikan pada diagram dan tabel dengan menggunakan Microsoft Excel.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Pada penelitian ini terdapat pengaruh hasil perlakuan yang berbeda nyata terhadap parameter hasil produksi ikan nila yakni pertumbuhan bobot mutlak, laju pertumbuhan spesifik dan rasio konversi pakan. Perlakuan tertinggi yang berpengaruh terhadap analisis hasil produksi ikan nila adalah perlakuan akuaponik. Masing-masing perlakuan sistem budi daya memberikan pengaruh peningkatan terhadap hasil analisis profil hematologi ikan nila. Profil hematologi ikan nila pada penelitian ini menunjukkan hasil yang normal.

5.2 Saran

Sebaiknya para pembudi daya melakukan pemeliharaan ikan dengan menggunakan sistem akuaponik karena dapat meningkatkan hasil produksi serta profil hematologi tertinggi.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Alfiani, S.N. 2014. *Respons Imun dan Dinamika Mikroba dalam Budi Daya Ikan Lele Clarias sp. Super Intensif Berbasis Bioflok dengan Penambahan Bakteri Llk.(Skripsi)*. IPB. Bogor. 33 hlm.
- Alimuddin, A. 2005. *Mikrobiologi Dasar* (Jilid I. C). UNM Press. 113 hlm.
- Anderson DP, & Siwicki AK. 1993. Basic hematology and serology for fish health programs. *Aquatic Animal Health and the Environment*. 4 (1) : 24-342.
- Aniputri, F. D., Hutabarat, J., & Subandiyono. 2018. Pengaruh ekstrak bawang putih (*Allium sativum*) terhadap tingkat pencegahan infeksi bakteri *Aeromonas hydrophila* dan kelulushidupan ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 3 (2) : 1–10.
- Avnimelech, Y. 1999. Carbon/nitrogen ratio as a control element in aquaculture systems. *Aquaculture*. 176 (3–4) : 227–235.
[https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(99\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(99)00085-X).
- Avnimelech Y. 2009. *Biofloc Technology: A Practical Guidebook, Second Edition*. World Aquaculture Society, Baton Rouge, LA. 182 hlm.
- Azim, M.E., & Little, D.C. 2008. The biofloc technology (BFT) in indoor tanks: water quality, biofloc composition, and growth and welfare of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*. 7 (283) : 29-35.
- Baehaki, S. E. 2011. Strategi fundamental pengendalian hama wereng batang coklat dalam pengamanan. *Pengembangan Inovasi Pertanian*. 4 (1) : 15–16.
- Bastiawan, D., Taukhid, M, Alifuddin, & T. S. Dermawati. 1995. Perubahan hematologi dan jaringan ikan lele dumbo (*Clarias gariepinus*) yang diinfeksi cendawan *Aphariomyces* sp. *Jurnal Penelitian Perikanan Indonesia*. 6 (1) : 106-115.
- Benli ACK, Köksal G, Özkul A. 2008. Sublethal ammonia exposure of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.): effects on gill, liver and kidney histology. *Chemosphere*. 7 (2) : 1355-1358.
- Blaxhall PC, & Daisley KW. 1973. Routine hematological methods for use with fish blood. *Journal Fish Biology*. 5 (2) : 577-581.
- Bossier, P., & Ekasari, J. 2017. Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals. *Microbial Biotechnology*. 10 (5) : 1012–1016.

- Brune, R., Avnimelech, Y., Bossier, P., Claire, W., 2003. Bioflok composition for sustainable aquaculture. *Aquaculture*. 240 : 1-21.
- Crab, R., Avnimelech, Y., Defoirdt, T., Bossier, P., Verstraete, W., 2007. Nitrogen removal in aquaculture towards sustainable production. *Aquaculture*. 270 : 1-14.
- Deng M, Chen J, Gou J, Hou J, Li D, He X. 2018. The effect of different carbon sources on water quality, microbial community and structure of biofloc systems. *Aquaculture*. 482 : 103-110.
- Djaenuddin, N., & Muis, A. 2015. Karakteristik bakteri antagonis *Bacillus subtilis* dan potensinya sebagai agens pengendali hayati penyakit tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Serealia*. 282 : 489–494.
- Djosetiyanto, D., Sunarma, A., & Widanarni. 2008. Perubahan amonia (NH₃), nitrit (NO₂), dan nitrat (NO₃) pada media pemeliharaan ikan nila merah (*Oreochromis* sp.) di dalam sistem resirkulasi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 7 (1) : 19–24.
- Effendie, M.I. 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama. Bogor. 163 hlm.
- Ekasari, J. 2009. Teknologi bioflok: teori dan aplikasi dalam perikanan budi daya sistem intensif. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 8 (2) : 117–126.
- Endut A, Jusoh A, Ali N, Wan Nik WB, & Hassan A. 2010. A study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresource Technology*. 101 : 1511-1517.
- Fariudin, R., Sulistyarningsih, E., & Waluyo, S. 2015. Pertumbuhan dan hasil dua kultivar selada (*Lactuca sativa*, L.) dalam akuaponika pada kolam gurami dan kolam nila. *Vegetalika*. 2 (1) : 66–81.
- Gaffar, A. A., Rasyid, A., & Suryaningsih, Y. 2020. Budi daya ikan lele sangkuriang dengan sistem bioflok di Desa Jeruk leueut Kecamatan Sindangwangi Kabupaten Majalengka. *BERNAS: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1 (3) : 159–164. <https://doi.org/10.31949/jb.v1i3.313>
- Ghufran R. 2010. *Pembenihan Ikan Nila Salin Sistem Corong Berdaya Tetas Tinggi*. Akumina. Jakarta. 107 hlm.
- Grauman, P. L. 2007. *Bacillus : Cellular and Molecular Biology (Third Edition)*. Caister Academic Press. 22 hlm. <https://doi.org/10.21775/9781910190579-13>.
- Gustav, F. 1998. *Effect of Density Level on Survival and Seed Growth of White Snapper (Lates Calcalifer, Bloch) in Recirculation System*. (Thesis) Department of Aquaculture, Faculty of Fisheries IPB. Bogor. 68 hlm.
- Hakim, A. R. 2019. *Pengaruh Padat Tebar Terhadap Pertumbuhan dan Kelangsungan Hidup Benih Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. (Skripsi). Program

- Studi Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. 52 hlm.
- Handayani D, Aldi Y, Mahyudin, 2013. Uji aktivitas subfraksi etil asetat dari herba meniran (*Phyllanthus niruri Linn.*) terhadap reaksi hipersensitivitas aktif. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*. 18 (1) : 9-16.
- Hartika, R., Mustahal, & A.N. Putra. 2014. Gambaran darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dengan penambahan dosis prebiotik yang berbeda dalam pakan. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 4 (4) : 259-267.
- Hatmanti, A. 2000. Pengenalan *Bacillus* sp. *Oseana*. 25 (1) : 31–41.
- Husniyah, H. 2018. *Skrinning dan Uji Potensi Entomopatogen Lokal (Bacillus sp.) dari Larva Aedes Aegeypti. (Skripsi)*. Universitas Airlangga. Surabaya. 71 hlm.
- Ihsanudin, I., Rejeki, S., & Yuniarti, T. 2014. Pengaruh pemberian rekombinan hormon pertumbuhan (rGH) melalui metode oral dengan interval waktu yang berbeda terhadap pertumbuhan dan kelulushidupan benih ikan nila larasati (*Oreochromis niloticus*). *Journal of Aquaculture Management and Technology*. 3 (2) : 94-102.
- Iskandar, A., Nurfauziyyah, I., Hendriana, A., & Darmawangsa, G. M. (2021). Manajerial dan analisa usaha pembenihan ikan nila strain sultana (*Oreochromis niloticus*) untuk meningkatkan performa benih ikan. *Jurnal Kemaritiman: Indonesian Journal of Maritime*. 2 (1) : 50–67.
- KKP.2022. *Analisis Indikator Kinerja Utama Sektor Kelautan dan Perikanan Kurun Waktu 2017-2021*. 128 hlm.
- Kresno S B., 2001. *Imunologi Diagnosis dan Prosedur Laboratorium*. Jakarta. Badan Penerbit Fakultas Kedokteran Universitas Indonesia. 289 hlm.
- Lagler, K.F., J.E. Bardach, & R.R. Miller. 1977. *Ichthyology*. John Wiley and Sons, New York. 312 hlm.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, & J.Parker. 2000. *Brock Biology of Microorganism*. Prentice Hall Inc. New Jersey. 228 hlm.
- Muchlisin, Z.A., A.A. Arisa, A.A. Muhammadar, N. Fadli, I.I Arisa, & M.N. Siti-Azizah. 2016. Growth performance and feed utilization of keureling (tor tambra) fingerlings fed a formulated diet with different doses of vitamin E (alpha-tocopherol). *Archives of Polish Fisheries*. 23 (1) : 47-52.
- Mukti, A. T., M. Arief, & W. H. Satyantini. 2015. *Dasar-Dasar Akuakultur*. Universitas Airlangga. Surabaya. 138 hlm.
- Mulqan, M., A.E. Rahimi, S., Dewiyanti, I., & Aceh, B. 2017. Growth and survival of tilapia juvenile (*Oreochromis niloticus*) Seeds in aquaponic systems with different plant types the growth and survival rates of tilapia juvenile (*Oreochromis niloticus*) in aquaponics systems with different plants. *Un-*

- syiah Maritime and Fisheries Student Scientific Journal*. 2 (1) : 183-193.
- Nelson, B. R. L. 2008. Aquaponic equipment, the bio filter. *Aquaponics Journal*. 1 (48) : 22–23.
- Ningsih, A.P. 2014. Respon penggunaan media tanam pada pembibitan selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 3 (2) : 111-116.
- Ombong, F., & Salindeho, IRN. 2016. Aplikasi teknologi bioflok (BFT pada kultur ikan nila (*Oreochromis niloticus*). *Budi daya Perairan*. 4 (2) : 16 – 25.
- Oladimeji AS, Olufeagba SO, Ayuba VO, Sololmon SG, & Okomoda VT. 2018. Effects of different growth media on water quality and plant yield in a catfish pumpkin aquaponics system. *Journal of King Saud University-Science*. 4 (3) : 653 – 660.
- Putranto, W.D., D. Syaputra, & E. Prasetyono 2019. Gambaran darah ikan nila (*Oreochromis niloticus*) yang diberi pakan terfortifikasi ekstrak cair daun salam. *Jurnal of Aquatropica Asia*. 4 (2) : 22-28.
- Putri, D., Munif, A., & Mutaqin, K. H. 2016. Lama penyimpanan, karakterisasi fisiologi, dan viabilitas bakteri endofit *Bacillus* sp. dalam formula tepung. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 12 (1) : 19–26.
<https://doi.org/10.14692/jfi.12.1.19>
- Rahmadhani, L. E., Widuri, L. I., & Dewanti, P. 2020. Kualitas mutu sayur KA-SEPAK (Kangkung, Selada, dan Pakcoy) dengan sistem budi daya akuaponik dan hidroponik. *Jurnal Agroteknologi*. 14 (1) : 33–43.
- Rahman, M.F. 2019. *Aplikasi Sistem Budi daya Akuaponik, Bioflok, dan Kombinasinya terhadap Kinerja Produksi Ikan Nila Oreochromis niloticus*. (Skripsi). IPB. Bogor. 41 hlm.
- Ramadhana, S.N., F. Afrida, & P. Ansyari. 2012. *Pemberian Pakan Komersial dengan Penambahan Probiotik yang Mengandung Lactobacillus sp. terhadap Kecernaan dan Pertumbuhan Ikan Nila (Oreochromis niloticus)*. (Skripsi). Universitas Diponegoro. 56 hlm.
- Ramlah, Eddy, S., Hasyim, Z., & Hasan Munis Said. 2016. Perbandingan kandungan gizi ikan nila *Oreochromis niloticus* asal Danau Mawang Kabupaten Gowa dan Danau Universitas Hassanuddin Kota Makassar. *Jurnal Biologi Makassar (Bioma)*. 1(1) : 39–46.
- Royan, F. S. Rejeki., & A. H. C. Haditomo. 2014. The effect of different salinity on the blood profile of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Journal Of Aquaculture Management and Technology*. 3 (2) : 109-117.
- Rubatzky, V.E., & Ma Yamaguchi, 1998. *Sayuran Dunia : Prinsip, Produksi dan Gizi Jilid II*. ITB. Bandung. 200 hlm.
- Salasia, S.I.O., Sulanjari, D., & Ratnawati, A., 2001. Studi hematologi ikan air tawar. *Biologi*. 2 (12) : 26-32.

- Salsabila, M., & Suprpto, H. 2019. Teknik pembesaran ikan nila (*Oreochromis niloticus*) di instalasi budi daya air tawar Pandaan, Jawa Timur. *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 7 (3) : 118.
<https://doi.org/10.20473/jafh.v7i3.11260>
- Sasongko A. 2001. *Biomassa Bakteri Nitrifikasi pada Berbagai Bahan Filter dalam Sistem Resirkulasi Aliran Tertutup dan Pengaruhnya Terhadap Kondisi Ikan : Gambaran Darah*. (Tesis). Program Pasca sarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor. 54 hlm.
- Shipton, T., Twaddle, D., & Watts M. 2008. *Introduction of the Nile Tilapia (Oreochromis niloticus) in to the Eastern Cape*. Species Risk Assessment. Grahamstown: *Enviro-Fish Africa* (Pty) Ltd. 30 hlm.
- SNI Standar Nasional Indonesia. 2015. *Cara ji mikrobiologi - Bagian 3: Penentuan Angka Lempeng Total (ALT) pada Produk Perikanan*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional. 12 hlm.
- SNI 7550. 2009. *Produksi Ikan Nila (Oreochromis niloticus) Kelas Pembesaran di Kolam Air Tenang*. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta. 9 hlm.
- Steffens, W.. 1989. *Principle of Fish Nutrition*. England. Ellis Horwood Limited. 384 hlm.
- Stolp, S., & Smith, S.C. 1995. *Transforming School Culture : Stories, Symbols, Values and the Leader's Role*. America : Clearinghouse on Educational Management University of Oregon. 246 hlm.
- Takashima F., & Hibiya T. 2005. *An Atlas of Fish Histology*. Normal and Pathological Features. 2nd ed. Tokyo, Kodansha Ltd. 195 hlm.
- Thaiin, A. 2016. *Pengaruh Pemberian Lisin pada Pakan Komersial Terhadap Rentensi Energi dan Rasio Konversi Pakan Ikan Gurami (Osphronemus gouramy)*. (Skripsi). Universitas Airlangga. 69 hlm.
- Wedemeyer GA, & Yasutake WT. 1977. Clinical methods for the assessment of the effect environmental stress on fish health. Technical Papers of the U.S. *Fish and Wildfield Service*. 89 : 1-17.
- Williams, CN, J.O. Uzo, W.T.H, Peregrine. 1993. *Produksi Sayuran di Daerah Tropika*. Yogyakarta. Gajah Mada University Press. 374 hlm.
- Wongkiew S, Zhen H, Chandran K, Lee JW, & Khanal SK. 2017. Nitrogen transformations in aquaponics system: A review. *Aquacultural Engineering*. 76 : 9 –19.
- Yahya. 2008. *Pustaka Sains Islam*. Sygma Publishing. Bandung. 141 hlm.
- Zonneveld., Huisman, N., & Boon, E.A.J.H. 1991. *Budi daya Ikan*. Gramedia. Jakarta. 317 hlm.