

**KETERSEDIAAN NO₃ PADA SISTEM AKUAPONIK
METODE PASANG SURUT**

(Skripsi)

Oleh

**BELLA RAHELIA BR GINTING
NPM 1614111033**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRAK

KETERSEDIAAN NO₃ PADA SISTEM AKUAPONIK METODE PASANG SURUT

Oleh
Bella Rahelia Br Ginting

Akuaponik adalah sistem pertanian berkelanjutan yang mengkombinasikan akuakultur dan hidroponik dalam lingkungan yang bersifat simbiotik. Penelitian ini bertujuan menganalisis konsentrasi NO₃ pada sistem akuaponik metode pasang surut dengan menggunakan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan. Perlakuan pada penelitian ini yaitu akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan yang masing-masing diulang tiga kali. Sistem akuaponik yang digunakan memadukan pemeliharaan ikan nila dan tanaman tomat. Parameter yang diukur meliputi konsentrasi nitrat, pertumbuhan ikan, *feed conversion ratio* (FCR), *survival rate* (SR), dan pertumbuhan tanaman. Untuk mengetahui perbedaan antara perlakuan dianalisis dengan menggunakan uji-t. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan terhadap konsentrasi nitrat, pertumbuhan ikan, kelulus hidupan, FCR, dan pertumbuhan tanaman, yang berarti proses pengendapan tidak berkontribusi terhadap mineralisasi bahan organik.

Kata kunci: akuaponik, pasang surut, nitrat, ikan nila, tomat, simbiotik.

ABSTRACT
AVAILABILITY OF NO₃ IN AQUAPONIC SYSTEM
WITH EBB FLOW METHOD

By
Bella Rahelia Br Ginting

Aquaponics is a sustainable farming system that combines aquaculture and hydroponics in a symbiotic environment. The aim of this study was to analyzing availability of NO₃ for plant in aquaponic system without settlement tank and with settlement tank. This research used two treatment with three replication. The aquaponic system was running by corporation between cultivate nile tilapia and tomattoes. The parameters observed were nitrate concentration, fish growth rate, feed conversion ratio, survival rate, and plant growth rate. To determine differences between two treatments analyzed statisfically using t-test. The result of this study had shown that the treatments had no significantly difference in all parameters. This was meaning that the treatments had no contribution for mineralisation process to converting organic material to in organic matter.

Key word: aquaponic, ebb flow, nitrate, tilapia, and tomattoes, symbiotic.

**KETERSEDIAAN NO₃ PADA SISTEM AKUAPONIK
METODE PASANG SURUT**

Oleh

Bella Rahelia Br Ginting

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
2022**

HALAMAN PENGESAHAN

Judul Skripsi : **KETERSEDIAAN NO₃ PADA SISTEM AKUAPONIK METODE PASANG SURUT**

Nama Mahasiswa : **Bella Rahelia Br Ginting**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1614111033**

Program Studi : **Budi daya Perairan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**



1. **Komisi Pembimbing**

Eko Efendi, S.T., M.Si.
NIP.197803292003121001

Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.
NIP. 196402151996032001

2. **Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**

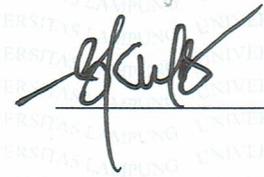
Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.
NIP. 197008151999031001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

Eko Efendi, S.T., M.Si.



Sekretaris

Ir. Siti Hudaidah, M.Sc.

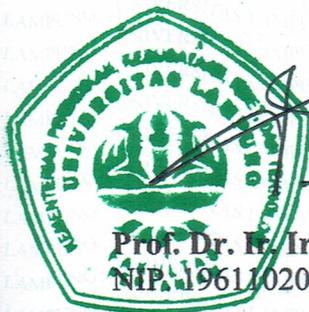


Penguji

Dr. Supono, S.Pi., M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. H. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 10 Desember 2021

PERNYATAAN

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. 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 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, Oktober 2022

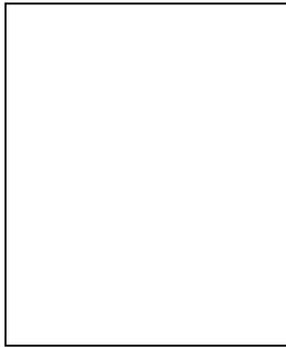
Yang membuat pernyataan,



Bella Rahelia Br Ginting

NPM. 1614111033

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Bandar Lampung, 01 Januari 1998 sebagai anak ketiga dari lima bersaudara, dari pasangan Morel Ginting dan Juli Br Sembiring Meliala. Penulis pernah menempuh pendidikan di Sekolah Dasar Negeri (SDN) 040572 Tigabinanga (2003-2010), Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 01 Tigabinanga (2010-2013), dan Sekolah Menengah Atas (SMA) 01

Tigabinanga (2013-2016).

Pada tahun 2016 penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang strata satu (S1) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Harapan Jaya, Kecamatan Way Ratai, Kabupaten Pesawaran pada tahun 2019. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Instalasi Riset Plasma Nutfah Perikanan Air Tawar, Bogor dengan judul “Pembenihan Ikan Nilem (*Osteochilus hasselti*) di Instalasi Penelitian Plasma Nutfah Perikanan Air Tawar Cijeruk, Bogor” pada tahun 2019.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif mengikuti organisasi internal maupun eksternal kampus. Organisasi internal yang diikuti penulis yaitu Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) periode 2016-2017. Organisasi eksternal yang diikuti penulis yaitu IMKA Rudang Mayang Lampung periode 2018-2020.

PERSEMBAHAN

**Saya persembahkan skripsi ini untuk orang tua saya,
Bapak Morel Ginting dan Ibu Juli Br Sembiring, Kakak
Astry Chory Octavia Br Ginting, Abang David
Charoadin Ginting, Adik-adik saya Devandy
Samantha Ginting, Daniel Sony Augusto Ginting,
Keluarga besar Kakek Alm. Tarsim Ginting dan Kakek
Alm. Degar Sembiring**

MOTTO

**"Anugerah-Ku cukup bagimu apabila engkau lemah,
kuasa-Ku menjadi sempurna di dalam engkau."
(Korintus 12:9a)**

**"Janganlah hendaknya kamu khawatir tentang apa
pun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal
keinginanmu kepada Allah dalam doa dan
permohonan dengan ucapan syukur." (Filipi 4:6)**

**"Allah turut bekerja dalam segala sesuatu untuk
mendatangkan kebaikan." (Roma 8:28)**

**"Ada hal-hal yang jauh lebih baik di depan daripada
yang kita tinggalkan." (C.S. Lewis)**

**"Semua akan indah pada waktunya." (Pengkhhotbah
3:11)**

SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa karena atas rahmat dan hidayah-Nya saya mampu menyusun skripsi yang berjudul “Ketersediaan NO_3 pada Sistem Akuaponik Metode Pasang Surut” dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan di Universitas Lampung.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberi dukungan, bantuan, dan juga bimbingannya, yaitu:

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. Deny Sapto Chondro Utomo, S.Pi., M.Si selaku dosen Pembimbing Akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arahan serta dukungannya.
4. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Pembimbing Utama yang telah memberikan ilmu, motivasi, saran dan meluangkan waktu dalam penyelesaian skripsi dengan sebaik-baiknya.
5. Ir. Siti Hudaidah, M.Sc. selaku pembimbing Kedua atas ilmu, motivasi, saran, dan waktu untuk selalu membimbing sehingga proses penyelesaian skripsi berjalan dengan sebaik-baiknya.
6. Dr. Supono, S.Pi., M.Si. selaku pembahas yang telah meluangkan waktu, memberikan kritik dan saran sehingga mempermudah proses penyelesaian skripsi.
7. Seluruh dosen dan staf Jurusan Perikanan dan Kelautan, yang turut membantu kelancaran selama penyelesaian skripsi.

8. Kepada sahabat-sahabat saya, Ocvinri , Ria Jelita, Dolisna, Hotda, Yuga, Jean Permana, Leo Bangun, dan Ivan Sitepu, yang selalu memberikan semangat, dukungan, dan dorongan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
9. Teman-teman seperjuangan, Dina Tri, Dina Nur, Reni Afriana, Oktavia, Tiara, Yesica, Reni Astuti, Rissa, Firstalino, Yeni, Marto, Irma, Advent, Edward, Naomi, Jose, dan teman-teman Budi daya Perairan 2016.
10. Teman-teman, Hanna, Pindra, Ade, Albi, Hosinta, Jerry, dan Mia yang telah memberikan dukungan dan selalu menemani di saat-saat sulit.
11. Seluruh pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas semua kebaikan dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi yang membaca maupun bagi penulis.

Bandar Lampung, Oktober 2022

Bella Rahelia Ginting

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	2
1.4 Kerangka Pikir.....	2
1.5 Hipotesis	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Akuaponik	6
2.3 Proses Nitrifikasi	7
2.4 Klasifikasi Ikan Nila	8
2.5 Tanaman Tomat.....	10
III. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Alat dan Bahan	13
3.3 Rancangan Penelitian.....	14
3.4 Desain Penelitian	14
3.5 Prosedur Penelitian	16
3.5.1 Persiapan Ikan Uji dan Tanaman Uji.....	16
3.5.2 Persiapan Wadah Pemeliharaan Ikan.....	17

3.5.3	Persiapan Wadah Pengendapan	17
3.5.4	Pembuatan Sistem Pasang Surut.....	17
3.5.5	Persiapan Wadah Tanaman	18
3.5.6	Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.6	Parameter Penelitian	19
3.6.1	Konsentrasi Nitrat (NO ₃)	19
3.6.2	Pertumbuhan Berat dan Panjang Ikan.....	20
3.6.3	Feed Covertion Ratio (FCR)	21
3.6.4	Kelangsungan Hidup	22
3.6.5	Pertumbuhan Tanaman	22
3.7	Analisis Data	22
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN.....	23
4.1	Kadar Nitrat (NO ₃)	23
4.2	Pertumbuhan Berat dan Panjang Ikan	24
4.3	<i>Feed Covertion Ratio</i> (FCR).....	25
4.4	Kelangsungan Hidup (SR)	26
4.5	Pertumbuhan Tanaman	27
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	31
5.1	Kesimpulan	31
5.2	Saran	31
	DAFTAR PUSTAKA	32
	LAMPIRAN.....	36

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Alat yang digunakan selama penelitian.....	13
2. Bahan yang digunakan selama penelitian	14
3. Kualitas air media pemeliharaan selama penelitian.....	30

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian.	3
2. Ikan nila (<i>Oreochromis niloticus</i>)	9
3. Penempatan satuan percobaan.	14
4. Akuaponik menggunakan bak pengendapan.....	15
5. Akuaponik tanpa bak pengendapan.....	15
6. Persiapan ikan uji.	16
7. Tanaman tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>).	16
8. Sistem pasang surut pada akuaponik.	18
9. Persiapan wadah tanaman.	19
10. Sampel air wadah ikan akuaponik.	20
11. Pakan ikan.....	21
12. Konsentrasi nitrat (NO_3) selama penelitian.	23
13. Pertumbuhan berat mutlak dan pertumbuhan panjang mutlak ikan nila yang dipelihara pada masing-masing perlakuan.....	24
14. Rasio konversi pakan ikan nila yang dipelihara pada masing-masing perlakuan.	26
15. Tingkat kelangsungan hidup ikan nila yang dipelihara pada masing-masing perlakuan.	27
16. Pertumbuhan tinggi tanaman tomat pada masing-masing perlakuan tanpa bak pengendapan (a) dan perlakuan dengan bak pengendapan (b).....	28
17. Jumlah daun tomat pada masing-masing perlakuan tanpa bak pengendapan (a) dan perlakuan dengan bak pengendapan (b).	28

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem akuaponik merupakan salah satu bentuk sistem resirkulasi pemanfaatan air secara terus menerus dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan sebaliknya dari tanaman ke ikan. Sistem akuaponik merupakan salah satu solusi dalam permasalahan semakin sulitnya mendapatkan sumber air yang sesuai untuk budi daya ikan khususnya di lahan yang sempit. Akuaponik merupakan salah satu teknologi hemat lahan dan air yang dapat dikombinasikan dengan berbagai tanaman sayuran.

Sistem resirkulasi air yang mengandung hasil metabolisme ikan dan sisa pakan yang tidak termakan merupakan sumber bahan organik pada akuaponik. Aliran air yang tertutup pada sistem resirkulasi menyebabkan bahan organik cenderung terakumulasi pada sistem. Hal tersebut akan menyebabkan terjadinya pembentukan senyawa-senyawa yang beracun bagi ikan, mineralisasi nutrisi dan penyerapan oksigen yang tinggi. Mineralisasi bahan organik nitrogen yang terdiri dari protein dan asam amino akan menghasilkan nitrogen anorganik yaitu amonia, nitrit dan nitrat (Spotte, 1992). Kadar amonia yang tinggi dalam perairan bersifat toksik bagi ikan sehingga perlu dilakukan upaya untuk menurunkan kadar amonia dengan cara mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat yang dapat dimanfaatkan oleh tanaman akuaponik.

Pemanfaatan tanaman pada akuaponik sebagai bagian dari sistem filter biologi terbukti efektif menjaga kejernihan air. Tanaman terbukti dapat menyerap zat racun berupa amonia dan nitrit dalam air yang berasal dari sisa pakan, feses dan urine ikan. Tanaman yang ditanam dengan menggunakan sistem akuaponik pada

umumnya adalah tanaman yang dapat mentolerir genangan air dalam jangka waktu yang cukup lama (Listyanto dan Andriyanto, 2008). Tanaman mampu mereduksi hingga 90% racun yang dihasilkan dari pemeliharaan ikan, sehingga air tersebut masih layak digunakan kembali sebagai media pemeliharaan ikan (Nugroho dan Sutrisno 2008).

Dalam penelitian ini digunakan dua perlakuan yaitu akuaponik menggunakan bak pengendapan dan akuaponik tanpa bak pengendapan. Pada akuaponik tanpa bak pengendapan, air yang mengandung amonia dipompa langsung menuju wadah tanaman sehingga proses perubahan amonia menjadi nitrat terjadi di dalam wadah pemeliharaan sampai biofilter. Bak pengendapan digunakan untuk mengendapkan bahan organik tersuspensi sehingga terjadi perubahan NH_4 menjadi NO_3 , kedua perlakuan tersebut menyebabkan perbedaan jenis nutrien sebagai masukan bagi tanaman. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui perbedaan jenis nutrien dari kedua perlakuan yang dicobakan.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis konsentrasi NO_3 pada sistem akuaponik dengan metode pasang surut dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan

1.3 Manfaat Penelitian

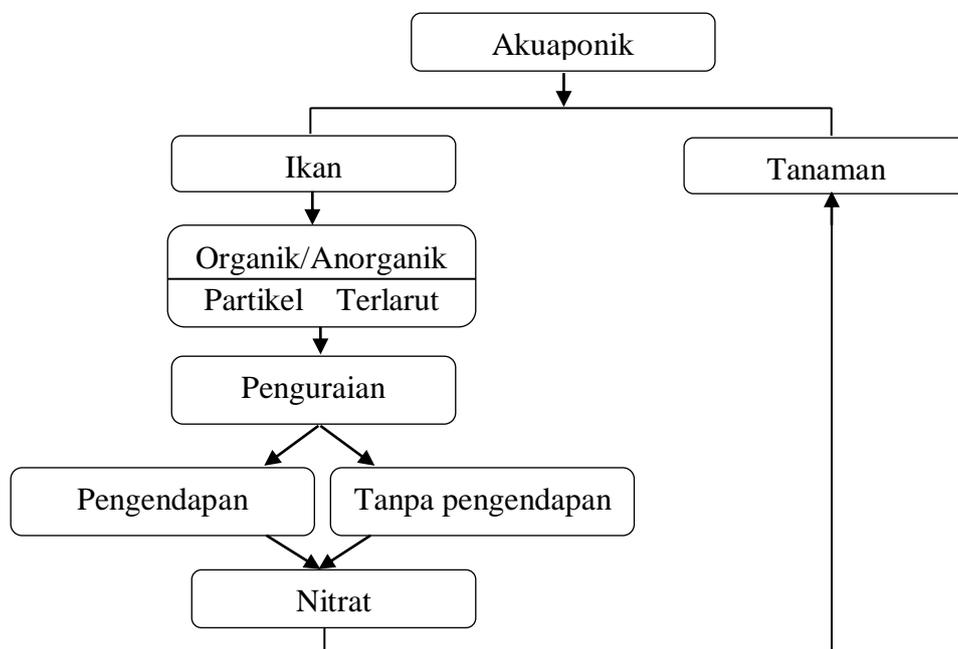
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai kandungan nitrat sehingga dapat digunakan untuk tanaman dan meningkatkan pertumbuhan ikan pada sistem akuaponik.

1.4 Kerangka Pikir

Sistem akuaponik merupakan sistem yang dapat meminimasi limbah dari sisa metabolisme ikan melalui integrasi sistem produksi tanaman secara hidroponik ke dalam akuakultur. Akuaponik terdiri dari dua bagian utama, yakni bagian akuatik (air) untuk pemeliharaan hewan air dan bagian hidroponik untuk menumbuhkan tanaman. Sistem akuatik menghasilkan sisa pakan dan feses yang terakumulasi di dalam air dan bersifat toksik terhadap hewan air. Limbah tersebut dapat menjadi

sumber hara bagi tanaman dalam sistem hidroponik di atasnya. Sisa pakan dan kotoran ikan berpotensi memperburuk kualitas air dalam sistem akuaponik, tetapi ketika amonia diubah menjadi nitrat maka dapat digunakan sebagai unsur hara bagi tanaman. Proses nitrifikasi dapat mengurangi toksisitas air dan memungkinkan senyawa nitrat yang dihasilkan menjadi sumber nutrisi tanaman. Amonia terus dilepaskan ke dalam air melalui kotoran dan insang ikan sebagai produk dari metabolisme.

Proses nitrifikasi terjadi dengan bantuan bakteri. Proses nitrifikasi biasanya terjadi pada substrat, oleh karena itu dengan penggunaan bak pengendapan diharapkan terjadi proses sedimentasi sehingga sisa pakan dan feses akan mengalami proses nitrifikasi terlebih dahulu. Proses nitrifikasi yang terjadi sebelum air dimanfaatkan tanaman diharapkan menutupi kebutuhan nitrat. Berdasarkan hal tersebut maka pengaruh sistem akuaponik tanpa bak pengendapan dan dengan menggunakan bak pengendapan menjadi perlakuan yang dikaji pada penelitian ini. Secara ringkas kerangka pemikiran penelitian ini disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian.

1.5 Hipotesis

Hipotesis yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Kadar nitrat (NO_3)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Tidak ada perbedaan konsentrasi nitrat antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Ada perbedaan konsentrasi nitrat antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

b. Pertumbuhan berat dan panjang ikan nila

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Tidak ada perbedaan pertumbuhan berat dan panjang ikan nila antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Ada perbedaan pertumbuhan berat dan panjang ikan nila antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

c. *Feed conversion ratio* (FCR)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Tidak ada perbedaan FCR antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Ada perbedaan FCR antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

d. Kelangsungan hidup (SR)

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Tidak ada perbedaan SR antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Ada perbedaan SR antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

e. Pertumbuhan tanaman

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2$$

Tidak ada perbedaan pertumbuhan tanaman antara perlakuan dengan penambahan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$$

Ada perbedaan pertumbuhan tanaman antara perlakuan akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Akuaponik

Sistem akuaponik merupakan teknologi yang menggabungkan antara pemeliharaan ikan dan tanaman dengan memanfaatkan sistem resirkulasi. Sistem ini diharapkan dapat dijadikan suatu model perikanan perkotaan, sekaligus dapat diterapkan sebagai bahan dari tata kota dan pertamanan di komplek-komplek perumahan (Ahmad *et al.* 2007). Teknologi akuaponik menggunakan air media pemeliharaan ikan sebagai penyubur bagi tanaman sayuran. Sistem resirkulasi pada akuaponik, memanfaatkan kembali air yang telah digunakan dalam usaha pemeliharaan ikan dengan filter biologi dan fisika berupa tanaman dan medianya. Air yang berasal dari wadah pemeliharaan ikan dialirkan dengan menggunakan pompa air ke filter yang juga berfungsi sebagai tempat untuk menanam tanaman. Air yang sudah difilter tersebut dialirkan kembali ke dalam kolam ikan secara gravitasi. Proses resirkulasi tersebut berlangsung secara terus-menerus dan penambahan air dari luar hanya dilakukan pada saat tertentu untuk menjaga agar ketinggian air kolam tidak berkurang (Nugroho dan Sutrisno 2008).

Menurut Diver (2006), akuaponik adalah sistem integrasi biologi melalui resirkulasi akuakultur dan hidroponik sayuran, bunga, dan atau tanaman obat. Prinsipnya, hasil limbah buangan pada sistem biologi pertama merupakan nutrisi bagi sistem biologi kedua, hasil integrasi ikan dan tanaman dalam polikultur dapat meningkatkan keragaman dan hasil panen yang berlipat ganda, air digunakan kembali melalui filtrasi biologi dan resirkulasi, produksi makanan lokal memberikan akses untuk makanan kesehatan dan meningkatkan ekonomi lokal.

Ada lima model sistem akuaponik, antara lain sistem *nutrient film technique* (NTF), vertikal, pasang surut, *filled system*, serta sistem rakit apung (*raft*). Di

antara lima sistem tersebut sistem pasang surut bisa dipilih untuk dikembangkan di lahan yang sempit, karena menggunakan material dan proses instalasi yang cukup sederhana. Cara kerja sistem pasang surut yaitu pompa di dalam kolam ikan akan mengangkat air menuju ke atas dan membanjiri wadah tanaman yang berisi akar tanaman. Sistem sifon otomatis air akan mengalir kembali ke bawah atau kolam. Batas ketinggian air dan jumlah air yang keluar dari dalam wadah diatur oleh sifon otomatis. Akar tanaman akan menyerap unsur hara selama beberapa waktu saat air pasang dan selanjutnya bernapas saat air surut. Proses ini terjadi secara terus menerus (Nofiandi, 2016).

Sistem pasang surut berkaitan dengan teknologi sederhana yang digunakan, yaitu penggunaan sistem *bell siphon* sebagai sistem pengontrol pasang surut air dalam talang-talang air. *Bell siphon* berfungsi mengatur penyimpanan air dalam talang sehingga talang air akan menyimpan air sesuai dengan ketinggian *bell siphon* selama periode waktu tertentu. Apabila ketinggian air dalam talang sudah mencapai maksimum, *bell siphon* akan mendapat tekanan untuk melepaskan air dalam talang menuju kolam secara periodik (Ako dan Baker, 2009).

2.3 Proses Nitrifikasi

Konversi limbah nitrogen ke dalam biomassa tanaman secara total relatif rendah, namun tanaman berfungsi dengan baik dalam menyediakan zona rizosfer bagi Rhizobacteria. Selain tanaman, ammonium sisa metabolisme ikan juga digunakan oleh bakteri heterotrof, fitoplankton, dan alga yang tumbuh subur di dalam media tanaman dan akan mengalami reaksi nitrifikasi menjadi nitrit oleh bakteri *Nitrosomonas* sp.. Nitrit oleh bakteri *Nitrobacter* sp. akan diubah menjadi nitrat. Nitrogen juga diasimilasi oleh organisme, bukan saja tanaman tetapi juga fungi, alga, dan bakteri. Selain itu, nitrat akan mengalami denitrifikasi menjadi NO oleh *Paracoccus* denitrifikans kemudian menjadi N₂ oleh *Pseudomonas stutzeri* secara anaerobik (Madigan *et al.*, 2003).

Pada mulanya, limbah organik yang berupa feses dan urine ikan berada dalam bentuk amonia (NH₄). Pada konsentrasi yang tinggi, amonia dapat menjadi racun

bagi ikan. Pada sistem akuaponik, limbah organik yang berbentuk amonia tersebut akan dimanfaatkan oleh bakteri pengurai yang hidup pada dinding kultur, media tanam, media filter, dan lain sebagai makanannya. Bakteri aerob akan merubah amonia menjadi nitrit (NO_2). Bakteri anaerob merubah nitrit menjadi nitrat (NO_3) (Sastro dan Rokhmah, 2016).

Menurut Nelson (2005), salah satu prinsip dasar ekosistem adalah siklus nutrien yang menyediakan sumber daya dan mengatur limbah melalui daur ulang semua elemen. Sistem akuaponik adalah contoh terbaik dalam prinsip ini. Ikan memakan makanan yang berasal dari tanaman, dan ekskresi limbah yang telah mengalami penurunan oleh bakteri pengurai dalam proses nitrifikasi menjadi sumber makanan bagi tanaman yang menyediakan oksigen dan energi untuk kehidupan.

Nitrifikasi proses oksidasi amonia menjadi nitrit dan nitrat yang dilakukan oleh bakteri aerob. Nitrifikasi terjadi secara optimum pada pH 8 dan berkurang secara nyata pada $\text{pH} < 7$. Hasil oksidasi ini sangat relatif dan mudah sekali larut, sehingga dapat langsung digunakan dalam proses biologis. Denitrifikasi yaitu reduksi nitrat menjadi nitrit (NO_2^-) dinitrogen oksida (N_2O) dan molekul nitrogen (N_2). Proses reduksi nitrat berjalan optimal pada kondisi anoksik (tidak ada oksigen) (Effendi, 2003).

2.4 Klasifikasi Ikan Nila

Jenis ikan yang dapat digunakan dalam sistem akuaponik ada berbagai macam, seperti ikan mas, nila, gurami, lele dan bawal. Ikan yang dibudi dayakan dengan metode akuaponik sebaiknya yang mempunyai nilai ekonomis, dapat dikonsumsi, dan memiliki keindahan. Misalnya ikan lele dan ikan nila (Nofiandi, 2016). Pemilihan ikan nila sebagai ikan budi daya dalam penelitian ini karena ikan nila merupakan ikan yang mudah dipelihara di perairan tenang, kolam maupun reservoir (Sutanto, 2002), ikan nila juga dapat beradaptasi dengan sangat baik di kolam budi daya bersirkulasi dan biasanya cukup tahan terhadap fluktuasi kualitas air khususnya kandungan oksigen terlarut, suhu, pH dan padatan terlarut (Diver, 2006).

Menurut Saanin (1984), ikan nila (*Oreochromis niloticus*) mempunyai klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Filum	: Chordata
Kelas	: Osteichthyes
Ordo	: Percomorphi
Subordo	: Percoidea
Famili	: Cichlidae
Genus	: <i>Oreochromis</i>
Spesies	: <i>Oreochromis niloticus</i>

Ikan nila merupakan ikan konsumsi yang umum hidup di perairan tawar, terkadang ikan nila juga ditemukan hidup di perairan yang agak asin (payau). Ikan nila dikenal sebagai ikan yang bersifat *euryhaline* (dapat hidup pada kisaran salinitas yang lebar). Ikan nila mendiami berbagai habitat air tawar, termasuk saluran air yang dangkal, kolam, sungai dan danau. Ikan nila dapat menjadi masalah sebagai spesies invasif pada habitat perairan hangat, tetapi sebaliknya pada daerah beriklim sedang karena ketidakmampuan ikan nila untuk bertahan hidup di perairan dingin, yang umumnya bersuhu di bawah 21°C (Harrisu, 2012).



Gambar 2. Ikan nila (*Oreochromis niloticus*)
Sumber: Dokumentasi pribadi.

Menurut Mudjiman (2001), ikan nila adalah termasuk ikan pemakan campuran (omnivora). Ikan nila mempunyai kemampuan tumbuh secara normal pada kisaran suhu 14-38°C dengan suhu optimum bagi pertumbuhan dan perkembangannya

yaitu 25-30°C. Pada suhu 14°C atau pada suhu tinggi 38°C pertumbuhan ikan nila akan terganggu. Pada suhu 6°C atau 42°C ikan nila akan mengalami kematian. Kandungan oksigen yang baik bagi pertumbuhan ikan nila minimal 4 mg/l, kandungan karbon dioksida kurang dari 5 mg/l dengan derajat keasaman (pH) berkisar 5-9 (Amri, 2003).

Menurut Santoso (1996), pH optimum bagi pertumbuhan nila yaitu antara 7-8 dan warna di sekujur tubuh ikan dipengaruhi lingkungan hidupnya. Bila dibudidayakan di jaring terapung (perairan dalam) warna ikan lebih hitam atau gelap dibandingkan dengan ikan yang dibudi dayakan di kolam (perairan dangkal).

Pada perairan alam dan dalam sistem pemeliharaan ikan, konsentrasi karbon dioksida diperlukan untuk proses fotosintesis oleh tanaman air. Nilai CO₂ ditentukan antara lain oleh pH dan suhu. Jumlah CO₂ di dalam perairan yang bertambah akan menekan aktivitas pernapasan ikan dan menghambat pengikatan oksigen oleh hemoglobin sehingga dapat membuat ikan menjadi stres. Kandungan CO₂ dalam air untuk kegiatan pembesaran nila sebaiknya kurang dari 15 mg/l (Sucipto dan Prihartono, 2005).

Standar baku mutu air PP. No 82 Tahun 2001 (kelas II) untuk kegiatan budi daya ikan air tawar, batas nitrat yang ditentukan yaitu 10 mg/l. Namun hal ini tentunya harus mendapatkan perhatian karena kadar nitrat yang lebih dari 0,2 mg/l dapat menyebabkan terjadinya eutrofikasi perairan, dan selanjutnya dapat menyebabkan *blooming* sekaligus merupakan faktor pemicu bagi pesatnya pertumbuhan tumbuhan air, seperti eceng gondok (Perkasa dan Hisomudin, 2003).

2.5 Tanaman Tomat

Menurut Nofiandi (2016) Jenis sayuran yang cocok dalam sistem akuaponik ada dua macam, yakni sayuran daun dan sayuran buah. Sayuran daun seperti kangkung, bayam, selada, pakchoy, dan sawi. Sayuran buah seperti cabai, tomat, dan paprika. Penggunaan tomat dalam sistem akuaponik ini berperan sebagai biofilter yang akan mereduksi limbah nitrogen budi daya ikan sehingga dapat memperbaiki

kualitas air dan mengurangi pencemaran limbah budi daya ikan serta menambah nilai tambah produksi pada sistem budi daya ini. Tanaman tomat memiliki akar tunggang dengan akar-akar serabut di tepinya. Perakaran tanaman tomat memiliki kemiripan dengan perakaran tanaman bayam merah, yaitu perakaran tunggang dengan perakaran tepi atau samping. Sesuai dengan hasil penelitian Dewi (2018) bahwa perakaran tanaman bayam merah yaitu akar tunggang dengan perakaran samping, tanaman bayam merah dapat optimum dalam menurunkan konsentrasi amonia, nitrat dan nitrit. Akar tanaman tomat memiliki karakteristik akar primer tumbuh menembus kedalaman tanah dan akar tepi yang berupa akar serabut tumbuh menyebar ke arah samping tetapi dangkal. Rahayu *et al*, (2013) dalam penelitiannya menyatakan bahwa akar tanaman tomat dengan pemberian 4,4 l air rerata panjang agar dapat tumbuh mencapai 54,81 cm.

Klasifikasi tanaman tomat menurut Setiawan (2015) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Divisio : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Ordo : Solanales
 Famili : Solanaceae
 Genus : *Solanum*
 Species : *Solanum lycopersicum* L.

Tomat dapat tumbuh dengan baik di dataran rendah hingga tinggi bergantung dengan varietas yang ditanam. Suhu optimal untuk pertumbuhan tanaman tomat yaitu 23⁰C pada siang hari dan 17⁰C pada malam hari (Hanum, 2008). Menurut Cahyono (1998), curah hujan yang sesuai yaitu berkisar antara 750 mm hingga 1.250 mm per tahun dengan intensitas penyinaran cahaya matahari sekitar 8 jam per hari.

Jenis tanah yang sesuai untuk tanaman tomat yaitu bertekstur liat yang mengandung pasir dan paling sesuai jika tanah tersebut banyak mengandung humus dan gembur (Hanum, 2008). Tingkat keasaman tanah yang sesuai untuk pertumbuhan

tanaman tomat yaitu pada pH 5,8 hingga 6,5. Tomat tidak mampu tumbuh dengan baik pada kondisi pH di bawah 5 (Wahyudi, 2012).

Nitrat yang umumnya disebut sebagai unsur hara makro akan dimanfaatkan oleh tanaman bagi pertumbuhannya. Tanaman akan menyumbangkan oksigen sehingga air memiliki kualitas yang lebih baik untuk organisme yang hidup pada tangki kultur, baik ikan maupun bakteri pengurai. Proses tersebut akan berjalan secara terus-menerus di dalam sistem akuaponik (Rudiyanti, 2009)

Penurunan konsentrasi nitrat terjadi pada wadah tanaman akuatik, pertumbuhannya akan mencegah terjadinya akumulasi nitrat pada sistem. Tanpa adanya pemanfaatan nitrat baik oleh tanaman air maupun bakteri akan terjadi akumulasi nitrat pada sistem resirkulasi. Pada wadah tanaman akuatik terjadi perubahan amonia dan nitrit oleh bakteri yang terdapat pada akar tanaman yang digunakan (Lukman, 1994).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada tanggal 11 Maret -21 April 2020 selama 50 hari. Bertempat di Laboratorium Budi daya Perikanan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas, Universitas Lampung. Pengukuran kadar nitrat (NO_3) dilakukan di Laboratorium Alam Lestari, Natar, Lampung selatan.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan selama penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat yang digunakan selama penelitian

No.	Nama Alat	Kegunaan
1	Kontainer box	Sebagai wadah pemeliharaan benih ikan.
2	Ember	Sebagai media tanaman.
3	Waring	Sebagai penutup tumbuhan.
4	<i>Scoope net</i>	Untuk menyaringikan saat sampling.
5	Penggaris	Untuk mengukur panjang ikan.
6	Timbangan digital	Untuk mengukur berat benih ikan.
7	DO meter	Untuk mengukur kadar oksigen terlarut.
8	pH meter	Untuk mengukur pH.
9	Termometer	Untuk mengukur suhu.
10	Pipa Paralon	Untuk mengaliri air.
11	Botol kaca	Untuk pengambilan sampel air.
12	Pompa air	Untuk memompa air ke wadah tanaman.
13	TDS meter	Untuk <i>total dissolved solids</i> .
14	Akuarium	Untuk wadah pengendapan.

Bahan yang digunakan selama penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan yang digunakan selama penelitian

No.	Bahan	Kegunaan
1.	Benih ikan nila	Hewan uji
2.	Tanaman tomat	Tanaman uji
3.	Pakan komersil	Pakan ikan

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode eksperimental yang terdiri dari 6 unit percobaan dengan 2 perlakuan dan 3 kali ulangan. Perlakuan berupa sistem akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan terhadap ketersediaan NO_3 sebagai berikut:

Perlakuan A= tanpa bak pengendapan

Perlakuan B= menggunakan bak pengendapan

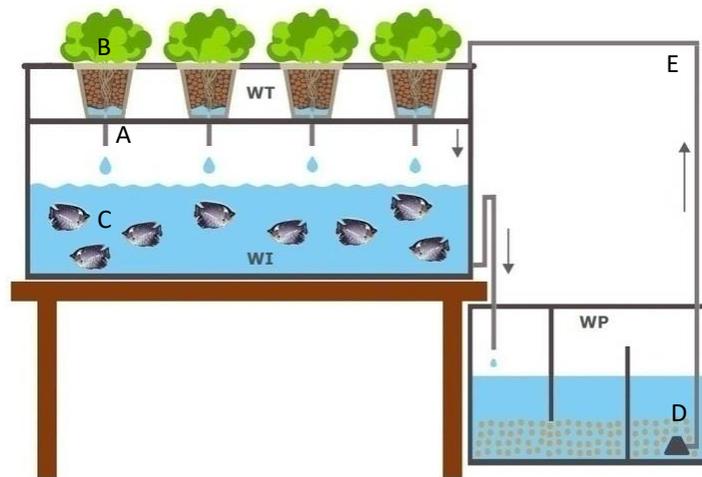
Penempatan setiap masing masing satuan percobaan dilakukan seperti pada Gambar 3.

A1	A2	A3
B1	B2	B3

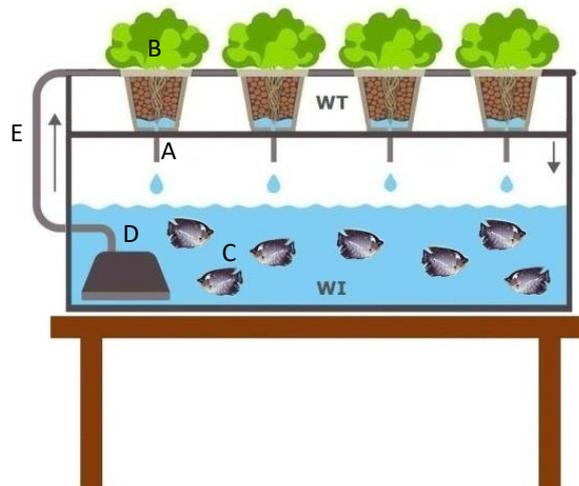
Gambar 3. Penempatan satuan percobaan.

3.4 Desain Penelitian

Pada penelitian ini dilakukan dua perlakuan yaitu akuaponik dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan dengan desain sebagai berikut:



Gambar 4. Akuaponik menggunakan bak pengendapan.



Gambar 5. Akuaponik tanpa bak pengendapan.

Keterangan:

- WT : Wadah tanaman
- WI : Wadah ikan
- WP : Wadah pengendapan
- A : Wadah pasang surut
- B : Tanaman
- C : Ikan
- D : Pompa
- E : Paralon

3.5 Prosedur Penelitian

Pada penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu; persiapan ikan uji dan tanaman uji, persiapan wadah pemeliharaan ikan, persiapan wadah pengendapan, pembuatan sistem pasang surut, persiapan wadah tanaman, dan pelaksanaan penelitian.

3.5.1 Persiapan Ikan Uji dan Tanaman Uji

Tahapan persiapan ikan uji dan tanaman uji adalah sebagai berikut:

- a. Ikan uji yang digunakan yaitu benih ikan nila dengan ukuran 3-5 cm sebanyak 100 ekor (Gambar 6).



Gambar 6. Persiapan ikan uji.

- b. Ikan diaklimatisasi sebelum dimasukkan ke dalam wadah agar ikan beradaptasi terhadap lingkungan.
- c. Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*) disemai selama 30 hari, sebelum dipindah ke dalam netpot (Gambar 7).



Gambar 7. Tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*).

3.5.2 Persiapan Wadah Pemeliharaan Ikan

Tahapan persiapan wadah pemeliharaan ikan adalah sebagai berikut:

- a. Wadah pemeliharaan ikan yang digunakan yaitu, 6 *box container* berukuran 90x60x40 cm³.
- b. Wadah beserta alat-alat pemeliharaan dibersihkan dan didesinfeksi menggunakan klorin atau kaporit.
- c. Wadah pemeliharaan ikan disusun sesuai dengan susunan yang telah ditentukan.
- d. Wadah diisi air bersih sebanyak 35 liter kemudian dipasang pompa air.

3.5.3 Persiapan Wadah Pengendapan

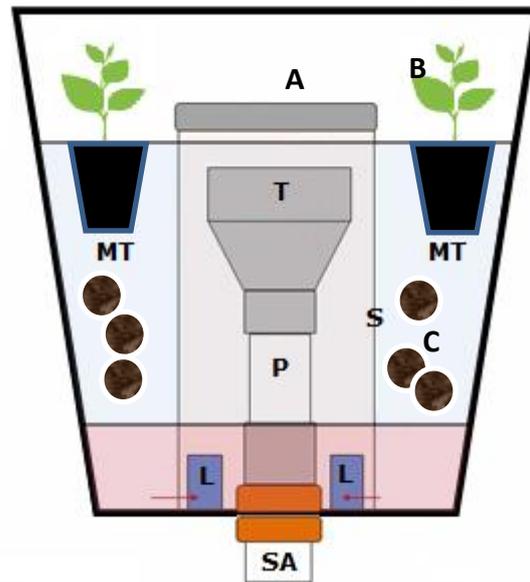
Tahapan persiapan wadah pengendapan adalah sebagai berikut:

- a. Wadah pengendapan yang digunakan yaitu, 3 akuarium berukuran 60x40x35 cm³.
- b. Wadah dibersihkan terlebih dahulu kemudian disekat menjadi 3 bagian sebagai media pengendapan.
- c. Pipa paralon berukuran ¼ inchi dipasang dan disambungkan ke pompa air untuk mengaliri air ke media tanaman.

3.5.4 Pembuatan Sistem Pasang Surut

Tahapan pembuatan sistem pasang surut (Gambar 8) adalah sebagai berikut:

- a. Pipa paralon berukuran 1/4 inci sepanjang 20 cm dimasukkan ke lubang dengan panjang 10 cm ke bagian inlet pada ember plastik dan 10 cm pada bagian outlet ke media pemeliharaan ikan (talang air).
- b. Pipa paralon berukuran 1 inci dengan penutup di bagian atas dan diberi rongga di bagian dasar dipasangkan menutupi inlet sebagai saluran air dan udara (tabung siphon).



Gambar 8. Sistem pasang surut pada akuaponik.

Keterangan:

MT : Media tanaman	P: Pipa air pasang	A :Tabung siphon
SA : Saluran air keluar	S: Saringan pelindung	B :Tanaman
T : Talang air	L: Lubang air masuk	C :Batu

3.5.5 Persiapan Wadah Tanaman

Tahapan persiapan wadah tanaman adalah sebagai berikut:

- Wadah pemeliharaan tomat yang digunakan yaitu ember plastik dengan ukuran 14 inci sebanyak 36 buah (Gambar 9).
- Wadah dibersihkan terlebih dahulu dan diberi lubang di bagian tengah dasar ember.
- Sistem pasang surut dipasang pada lubang tersebut.
- Wadah diberi media batu setinggi 10 cm dan netpot sebanyak 4 buah di setiap wadah.



Gambar 9. Persiapan wadah tanaman.

3.5.6 Pelaksanaan Penelitian

Tahapan pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Penelitian dilakukan selama 50 hari.
- b. Selama penelitian ikan diberi pakan 2 kali sehari.
- c. Kualitas air meliputi suhu, pH, DO, dan TDS diukur setiap 10 hari selama pemeliharaan.
- d. Parameter nitrat dianalisis di laboratorium.
- e. Parameter panjang dan berat ikan diukur setiap 10 hari.
- f. Parameter tinggi tanaman dan jumlah daun diukur setiap 10 hari.

3.6 Parameter Penelitian

Parameter yang diamati pada penelitian ini adalah kadar nitrat, pertumbuhan berat dan panjang ikan nila, *Feed conversion ratio* (FCR), kelangsungan hidup, dan pertumbuhan tanaman.

3.6.1 Konsentrasi Nitrat (NO_3)

Konsentrasi nitrat (NO_3) diukur di Laboratorium Alam Lestari. Metode pengukuran konsentrasi (NO_3) menggunakan spektrofotometer. Tahapan analisis nitrat adalah sebagai berikut:

- a. Sampel air sebanyak 500 ml diambil dari setiap perlakuan dan pengulangan, dimasukkan ke dalam botol, dan dibawa ke laboratorium untuk diukur kadar nitratnya.

- b. 25 ml sampel air disaring dan dituangkan ke dalam cawan porselin.
- c. Air diuapkan di atas *hot plate* sampai kering dan jangan sampai pecah dan didinginkan.
- d. 1 ml asam fenol disulfonik ditambahkan , kemudian diaduk dengan pengaduk gelas dan diencerkan dengan 10 ml aquades.
- e. NH_4OH ditambahkan sampai terbentuk warna, kemudian diencerkan dengan aquades sampai 25 ml dan dimasukkan dalam cuvet.
- f. Sampel dibandingkan dengan larutan standar pembanding secara visual atau dengan spektrofotometer (panjang gelombang $410 \mu\text{m}$).
- g. Kadar nitrat nitrogen dalam kolam tersebut dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\text{Nitrat} = \text{Nt} - \text{No}$$

Keterangan:

Nt = Nilai sampel

No = Nilai blanko (akuades)



Gambar 10. Sampel air wadah ikan akuaponik.

3.6.2 Pertumbuhan Berat dan Panjang Ikan

Berat dan panjang ikan diukur dari setiap bak ulangan dengan sampel diambil secara acak sebanyak 20 ekor. Berat dan panjang ikan kemudian dirata-ratakan.

Pertumbuhan berat mutlak dihitung dengan persamaan menurut Effendie (1997):

$$W_m = W_t - W_o$$

Keterangan :

W_m : Pertumbuhan berat mutlak (gram)

Wt : Rata-rata berat ikan di akhir waktu pemeliharaan (gram)

Wo : Rata-rata berat ikan di awal pemeliharaan (gram)

Pertumbuhan panjang mutlak dihitung menggunakan persamaan menurut Effendie (1997):

$$L = L_t - L_o$$

Keterangan :

L = Pertumbuhan panjang (cm)

L_t = Pertumbuhan panjang sesudah pemeliharaan (cm)

L₀ = Pertumbuhan panjang sebelum pemeliharaan (cm)

3.6.3 Feed Conversion Ratio (FCR)

FCR selama penelitian ini dihitung dengan cara menghitung jumlah pakan yang diberikan selama masa pemeliharaan dan mengukur berat ikan di awal penelitian dan di akhir penelitian. FCR dihitung dengan persamaan menurut Mudjiman, (2001):

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

Keterangan :

FCR = *Rasio konversi pakan* (kg)

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

W_t = Biomassa akhir ikan(kg)

W_o = Biomassa awal ikan(kg)



Gambar 11. Pakan ikan.

3.6.4 Kelangsungan Hidup

Kelangsungan hidup ikan nila pada penelitian ini dihitung dari jumlah ikan yang hidup pada awal penelitian dan jumlah ikan yang masih hidup pada akhir penelitian. Menurut Yulfiperius (2014), tingkat kelangsungan hidup dihitung dengan persamaan:

$$SR = \frac{N_t}{N_0} \times 100\%$$

Keterangan :

SR = Tingkat kelangsungan hidup (%)

N_t = Jumlah ikan yang hidup pada akhir pengamatan (ekor)

N₀ = Jumlah ikan yang hidup pada awal pengamatan (ekor).

3.6.5 Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan tanaman dihitung dengan mengukur pertumbuhan tinggi dan perkembangan jumlah daun. Tinggi tanaman diukur dari pangkal tanaman sampai titik tumbuh tertinggi. Jumlah daun dihitung dari daun yang sudah terbuka sempurna. Pengukuran dilakukan setiap 10 hari.

3.7. Analisis Data

Untuk melihat perbedaan perlakuan dengan bak pengendapan dan tanpa bak pengendapan data dianalisis menggunakan metode uji t. Data yang dianalisis meliputi konsentrasi nitrat, kelangsungan hidup, FCR, pertumbuhan berat dan panjang ikan dan pertumbuhan tanaman. Pengambilan keputusan dilakukan dengan kriteria sebagai berikut: jika $t_{hitung} > t_{tabel}$ = terima/ tolak H₀

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Konsentrasi NO_3 pada akuaponik dengan metode pasang surut mampu menunjang pertumbuhan tanaman. Pengaruh penggunaan bak pengendapan tidak berbeda nyata terhadap performa pertumbuhan ikan serta kualitas air media pemeliharaan..

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat disarankan:

- a. Akuaponik dengan metode pasang surut dapat diaplikasikan tanpa bak pengendapan.
- b. Volume media tanaman pada metode pasang surut diperbesar sehingga proses pengendapan dan mineralisasi bahan organik dapat terjadi bersamaan dalam media.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Tawwab, M., Hagra, A.E., Elbaghdady, H.A.M. dan Monier, M.N. 2014. Dissolved oxygen level and stocking density effects on growth, feed utilization, physiology, and innate immunity of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Journal of Applied Aquaculture*. 26(2):340-355.
- Ahmad, T., Sofarsih, L. and Rusmana. 2007. The growth of patin *Pangasius hypophthalmus* in a close system tank, *Aquaculture*. 2(1): 67-73.
- Ako, H. dan Baker, A. 2009. *Small-Scale Lettuce Production with Hydroponics or Aquaponics*. College of Tropical Agriculture and Human Resources (CTAHR), University of Hawai'i at Mānoa. SA-2:1-7.
- Amri, K. 2003. *Budidaya Ikan Nila secara Intensif*. Agromedia Pustaka: Depok. 16-18 hal.
- Benfield, L.D. and Randall, C.W. 1980. Biological process design for wastewater treatment. *Prentice - Hall Inc. USA*.
- Cahyono, B. 1998. *Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Kanisius. Yogyakarta.
- Dewi, D.K. 2018. *Perbandingan Efektifitas Daya Serap Tanaman Bayam Merah (Alternanthera ficoide), Pakcoy (Brassica rapaL.) dan Selada Air (Nasturtium officinale) Sistem Akuaponik terhadap Konsentrasi Amonia (NH₃), Nitrat (NO₃), dan Nitrit (NO₂) pada Budi daya Ikan Lele Dumbo (Clarias-sp.) Intensif*. (Tesis) Universitas Airlangga. Surabaya.
- Diver, S. 2006. *Aquaponic-Integration Hydroponic with Aquaculture*. National Centre of Appropriate Technology. Department of Agriculture's Rural Business Cooperative Service. P.
- Effendi H. 2003. *Kualitas Air bagi Pengelolaan Sumber daya dan Lingkungan Perairan*. Kanisius. Yogyakarta. 257 hal.
- Effendie, M.I. 1997. *Biologi Perikanan*. Yayasan Pustaka Nusatama. Yogyakarta. 163 Hal.
- Ernawati, T., Boer dan Yonvitner. 2014. Biologi populasi rajungan (*Portunus pelagicus*) di perairan sekitar wilayah Pati, Jawa Tengah. *Bawal*. 6(1):31-40.

- Handajani, H. 2011. Optimalisasi substitusi tepung azzola terfermentasi pada pakan ikan untuk meningkatkan produktivitas ikan nila gift. *Jurnal Teknik Industri*. 12(2):177-181.
- Hanum, C. 2008. *Teknik Budidaya Tanaman. Jilid 2*. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Departemen Pendidikan Nasional. Jakarta. 280 hal.
- Harrysu, 2012. *Budidaya Ikan Nila*. Kasinius: Yogyakarta.
- Hidayat, N., Aminah, S., dan Rahmah, N. L. 2018. Optimasi protein dan total padatan terlarut dalam ekstrak cacing tanah (*Lumbricus rubellus*). *Jurnal Teknologi & Industri Hasil Pertanian*. 23(1):13-20.
- Hittlebaugh, J.A. dan Miller, R.D. 1981. Operational problems with rotating biological contactor. *Journal Water Pollution Control Fed.* (53):1283-1293.
- Listyanto, N. dan Andriyanto, S. 2008. *Manfaat Penerapan Teknologi Akuaponik dari Segi Teknis Budidaya dan Siklus Nutrient*. Pusat Riset Perikanan Budidaya, Jakarta. 4(1):39-53.
- Lukman. 1994. Kajian Efektifitas sistem aliran tertutup sebagai media pemeliharaan ikan nila merah (*Oreochromis sp.*). *Limnotek Perairan Darat Tropis di Indonesia*. 2:11-17.
- Madigan, M.T., Martinko, J.M. dan Parker, J. 2003. *Brock Biology of Microorganisms. 10th Edition*. Southern Illinois University Carbondale. Pearson Education, Inc. USA. 1104 hal.
- Mudjiman, A. 2001. *Makanan Ikan. Cetakan IX*. Penebar Swadaya. Jakarta. 3-5 hal.
- Nelson, R.L. 2005. Aquaponics lesson plns. In: Lesson four-introduction to biology. *Aquaponics Journal*. 4(1):28-30.
- Nelson, R.L. 2008. Aquaponic equipment the bio filter. *Aquaponics Jurnal*. 48(1):22-23.
- Nofiandi, R. 2016. *Step by Step Membuat Instalasi Akuaponik Portable 1 m² Hingga Memanen*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 66 hal.
- Nugroho dan Sutrisno. 2008. *Budi daya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik*. Penebar Swadaya. Jakarta. 67 hal.
- Nyanti, L., Soo, C.L., Ahmad-Tarmizi, Ling, T.Y., Sim, S.F., Grinang, J. dan Ganyai, T. 2018. Effects of water temprature, dissolved oxygen and total suspended solids on juvenile *Barbonymus schwanenfeldii* and *Oreochromis niloticus*. *AAFL Bioflux*. 11(2):394-406.

- Perkasa, B. E. dan Hisomudi., 2003. *Permasalahan Maskoki dan Solusinya*. Penebar Swadaya. Jakarta. 102 hal.
- Pillay, T.V.R. 2004. *Aquaculture and the Environment. Second Edition*. UK: Blackwell Publishing. P. 208 hal.
- Rahayu, M., Marzukoh, R.U. dan Sakya, A.T. 2013. Pengaruh volume pemberian air terhadap pertumbuhan tiga varietas tomat (*Lycopersicum esculentum Mill*). *Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Universitas Sebelas Maret, Agrosains*. 15(1):12-16.
- Rudiyanti. 2009. Kualitas perairan Sungai Banger Pekalongan berdasarkan indikator biologis. *Jurnal Saintek Perikanan*. 4(2):46-52.
- Saanin, H. 1984. *Taksonomi dan Kunci Identifikasi Ikan Volume I dan II*. Bina Cipta. Bandung. 265 hal.
- Santoso, B. 1996. *Budi daya Ikan Nila*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 67 hal.
- Sastro, Y. dan Rokhmah, N.A. 2016. *Hidroponik Sayuran di Perkotaan*. BPTP. Jakarta. 28 hal.
- Setiawan, A. 2015. *Induksi Partenokarpi Pada Tujuh Genotip Tomat (Solanum lycopersicum) dengan Giberelin*. (Tesis) UGM. Yogyakarta.
- Soivio, A., Nikinmaa, M. and Westman, K. 1980: The blood oxygen binding properties of hypoxic salmo gairdneri - *J. Comp. Physiol*. 136:83-87.
- Spotte, S. 1992. *Captive Seawater Fishes : Science and Technology*. Willey-Interscience Publication. John Wiley & Sons. Inc. New York. 942 hal.
- Subhan, N., Nurtika, dan Gunadi, N. 2009. Respon tanaman tomat terhadap penggunaan pupuk majemuk NPK 15-15-15 pada tanah latosol pada musim kemarau. *J. Hort*. 19(1):40-48.
- Sucipto, A. dan Prihartono. 2005. *Pembesaran Nila Merah Bangkok*. Penebar Swadaya. Jakarta. 155 hal.
- Sukoco, F.A., Budi, S.R. dan Abdul, M. 2016. Pengaruh pemberian probiotik berbeda dalam sistem akuaponik terhadap FCR dan biomassa ikan lele (*Clarias sp*). *Journal of Aquaculture and Fish Health*. 6(1):24-31.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta. 219 hal.
- Wahyudi. 2012. *Bertanam Tomat di dalam Pot dan Kebun Mini*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 97 hal.

- Walters, C.L. (1996). *Nitrates And Nitrites In Foods*. In: Hill, M. (2000). *Nitrates and Nitrites On Foods and Water*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited. 106 (1): 96-98.
- Wasonowati, C., Suryawati, S. dan Rahmawati, A. 2013. Respon dua varietas tanaman selada (*Lactuca Sativa L.*) terhadap macam nutrisi pada sistem hidroponik. *AGROVIGOR*. 6(1):50-56.
- Wedemeyer, G.A. dan Yasutake, W.T. 1997. Clinical methods for the assessment of the effect enviromental stres on fish health. *Technical Papers of the U.S. Fish and Wildlife Service . U.S. Depart. of the Interior*. 89(1):1-17.
- Widyastuti, Y.R. 2008. Peningkatan produksi air tawar melalui budi daya ikan sistem akuaponik. *Prosiding Seminar Nasional Limnologi IV LIPI. Bogor*. hal :62-73.
- Winda, M.M., Lady, D.K. dan Julius, S. 2014. Uji fisik pakan lobster air tawar, *Cherax quadricarinatus*, yang menggunakan beberapa bahan perekat. *Aquatic Science & Management*. 2(1):24-28.
- Yulfiperius. 2014. *Nutrisi Ikan*. PT Rajagrafindo Persada. Depok. 116 hal.
- Zidni, I., Herawati, T., dan Liviawaty, E. 2013. Pengaruh padat tebar terhadap pertumbuhan benih lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*) dalam sistem akuaponik. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. 4(4):315-324.