

**PENGARUH KEPADATAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*)
TERHADAP KUALITAS AIR DAN KELULUSHIDUPAN PADA BUDIDAYA
IKAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus*) DENGAN SISTEM AKUAPONIK**

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

Oleh :
ROY FERNANDES SIAHAAN
NIM. 125080500111056



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

**PENGARUH KEPADATAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*)
TERHADAP KUALITAS AIR DAN KELULUSHIDUPAN PADA BUDIDAYA
IKAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus*) DENGAN SISTEM AKUAPONIK**

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

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

**Oleh :
ROY FERNANDES SIAHAAN
NIM. 125080500111056**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2016**

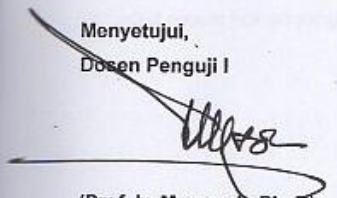
SKRIPSI

PENGARUH KEPADATAN TANAMAN KANGKUNG AIR (*Ipomoea aquatica*)
TERHADAP KUALITAS AIR DAN KELULUSHIDUPAN PADA BUDIDAYA
IKAN PATIN (*Pangasius hypophthalmus*) DENGAN SISTEM AKUAPONIK

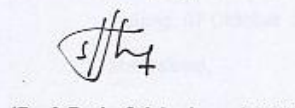
Oleh :
ROY FERNANDES SIAHAAN
NIM. 125080500111056

telah dipertahankan di depan penguji
pada tanggal 7 Oktober 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat
Tanggal : _____

Menyetujui,
Dosen Penguji I


(Prof. Ir. Marsoedi, Ph.D.)
NIP. 19460320 197303 1 001
Tanggal : 20 OCT 2016

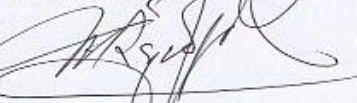
Dosen Pembimbing I


(Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS)
NIP. 19611106 198602 2 001
Tanggal : 20 OCT 2016

Dosen Penguji II


(Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS)
NIP. 19600425 198503 1 002
Tanggal : 20 OCT 2016

Dosen Pembimbing II


(Ir. M Rasyid Fadholi, M.Si)
NIP. 19520713 198003 1 001
Tanggal : 20 OCT 2016

Mengetahui,
Ketua Jurusan


(Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS)
NIP. 19620805 198603 2 001
Tanggal : 20 OCT 2016



PERNYATAAN ORISINALITAS

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

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

Malang, 07 Oktober 2016

Mahasiswa,

(Roy Fernandes Siahaan)



UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan kasihNya skripsi ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu
2. Orangtua tercinta: Bapak Wesli Siahaan dan Mama Nurmaya Nababan yang telah memberikan segala dukungan dengan sepenuh hati
3. Abang Ricky, Adik Willy, Winda dan Chyntia yang telah memberikan motivasi, doa dan dukungan selama ini
4. Ibu Dr. Ir. Arning Wilujeng Ekawati, MS selaku Ketua Jurusan MSP
5. Bapak Dr. Ir. M. Fadjar, M.Sc selaku Ketua Program Studi BP
6. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS selaku Pembimbing 1
7. Bapak Ir. M. Rasyid Fadholi M.Si dan selaku Pembimbing 2
8. Bapak Prof. Ir. Marsoedi, Ph. D selaku Penguji 1
9. Bapak Dr. Ir. Maheno Sri Widodo, MS selaku Penguji 2
10. Tim Akuaponik : Septa Sholehudin, Alvin Pramudya, Ambang Mahdi Mulyono
11. Teman-teman yang telah membantu : Raka, Khrisna, Beni, Wisnu, Ongky, Nanda Simarmata, Asni, Agnes, Mei, Noni Sembiring
12. Teman-teman Aquasean
13. Semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Skripsi ini.

Malang, 07 Oktober 2016

Penulis

KATA PENGANTAR

Puji Syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, sehingga penulis dapat menyajikan Penelitian Skripsi yang berjudul **“Pengaruh Kepadatan Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Terhadap Kualitas Air dan Kelulushidupan pada Budidaya Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) dengan Sistem Akuaponik”**

Skripsi ini dilaksanakan guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar sarjana perikanan. Diharapkan skripsi ini berguna bagi pihak yang memerlukan sebagai suatu referensi. Skripsi ini menjelaskan tentang pengaruh kepadatan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) terhadap kualitas air dan kelulushidupan pada budidaya ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) dengan sistem akuaponik. Hal ini ke depannya diharapkan menjadi pilihan sistem budidaya yang lebih ramah lingkungan.

Sangat disadari bahwa dengan kekurangan dan keterbatasan yang dimiliki penulis, walaupun telah dikerahkan segala kemampuan untuk lebih teliti, tetapi masih dirasakan banyak kekurangtepatan, oleh karena itu penulis mengharapkan saran yang membangun agar tulisan ini bermanfaat bagi yang membutuhkan.

Malang, 07 Oktober 2016

Penulis

RINGKASAN

ROY FERNANDES SIAHAAN. Pengaruh Kepadatan Tanaman Kangkung (*Ipomoea aquatica*) Terhadap Kualitas Air dan Kelulushidupan Pada Budidaya Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) Dengan Sistem Akuaponik, di bawah bimbingan **Prof. Dr. Ir. Sri Andayani, MS** dan **Ir. M. Rasyid Fadholi, M.Si.**

Ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) merupakan salah satu komoditas ikan konsumsi air tawar yang bernilai ekonomis penting karena beberapa kelebihan yang dimiliki seperti pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan dan dapat dipelihara pada perairan dengan kandungan oksigen rendah. Semakin banyak masyarakat yang melakukan kegiatan budidaya ikan, akan semakin baik untuk pemenuhan pasokan ikan. Tetapi terdapat dampak buruk yang akan di timbulkan. Semakin banyak aktifitas budidaya akan semakin banyak menghasilkan limbah. Untuk mengatasi semakin menurunnya kuantitas dan kualitas air yang layak untuk kegiatan budidaya, dapat diterapkan budidaya dengan sistem akuaponik. Dengan budidaya akuaponik amonia dan nitrat yang merupakan limbah dari budidaya ikan dapat diserap dan digunakan sebagai sumber nutrisi oleh tanaman sehingga meningkatkan kualitas air budidaya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kepadatan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) terhadap kualitas air dan kelulushidupan pada budidaya ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) dengan sistem akuaponik. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni – Agustus 2016 di Laboratorium Budidaya Ikan dan Laboratorium Hidrobiologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang. Metode dalam penelitian ini adalah eksperimen menggunakan RAL dengan 4 perlakuan dan masing-masing perlakuan 3 kali ulangan. Penggunaan kepadatan tanaman kangkung yakni 0, 10, 20, 30 rumpun tanaman. Parameter utama adalah konsentrasi amonia, nitrit, nitrat dan kelulushidupan serta parameter penunjang berupa laju pertumbuhan ikan, pH, suhu, oksigen terlarut dan laju pertumbuhan tanaman kangkung.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap konsentrasi amonia dan nitrat, namun tidak berpengaruh nyata terhadap konsentrasi nitrit dan kelulushidupan. Nilai konsentrasi amonia terendah pada perlakuan C (30 rumpun) sebesar 0,0817 mg/L. Apabila menggunakan kepadatan tanaman seperti pada penelitian ini maka dapat menurunkan konsentrasi hingga 0,0146 mg/L terhadap konsentrasi amonia. Selain itu hasil penelitian yakni konsentrasi nitrit berkisar antara 0,28 – 0,33 mg/L, nitrat berkisar antara 1,50- 1,80 mg/L, kelulushidupan sebesar 91 -97 %. Hasil pengukuran parameter penunjang antara lain pH berkisar antara 6,7 - 7,4, suhu berkisar antara 27 - 30°C, oksigen terlarut sebesar 6,8 – 7,2 mg/L, laju pertumbuhan ikan berkisar antara 0,99 – 1,13 % dan laju pertumbuhan tanaman kangkung air berkisar antara 4,36 – 5,11%.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disarankan dalam penggunaan kepadatan 30 rumpun tanaman kangkung untuk memperbaiki kualitas air. selain itu diperlukan penelitian lanjutan untuk menambahkan jumlah tanaman yang digunakan, penggunaan jenis tanaman yang berbeda dalam sistem akuaponik. Selain itu disarankan untuk melakukan penelitian dengan penambahan probiotik terhadap tanaman maupun ikan budidaya.

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	vi
RINGKASAN	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Waktu dan Tempat	4
2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Ikan Patin (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi	5
2.1.2 Habitat	6
2.1.3 Padat Tebar	6
2.1.4 Laju Pertumbuhan Spesifik	7
2.1.5 Kelulushidupan	7
2.2 Sistem Akuaponik	8
2.2.1 Sistem Resirkulasi	9
2.2.2 Pemilihan Jenis Tanaman	10
2.3 Kualitas Air	11
2.3.1 Derajat Keasaman	11
2.3.2 Oksigen Terlarut	12
2.3.3 Amonia	13
2.3.4 Nitrit	14
2.3.5 Nitrat	15
3. MATERI DAN METODE PENELITIAN	
3.1 Materi Penelitian	16
3.1.1 Alat-alat Penelitian	16
3.1.2 Bahan-bahan Penelitian	16
3.2 Metode Penelitian	17

3.3 Rancangan Penelitian	17
3.4 Prosedur Penelitian	18
3.4.1 Persiapan	18
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian	19
3.5 Parameter Uji	20
3.5.1 Parameter Utama	20
3.5.2 Parameter Penunjang	22
3.6 Analisa Data	24
 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Parameter Utama	25
4.1.1 Amonia	25
4.1.2 Nitrit	29
4.1.3 Nitrat	32
4.1.4 Kelulushidupan	36
4.2 Parameter Penunjang	40
4.2.1 Laju Pertumbuhan Spesifik Ikan Patin	40
4.2.2 Laju Pertumbuhan Tanaman Kangkung	42
4.2.3 Derajat Keasaman	45
4.2.4 Suhu	46
4.2.5 Oksigen Terlarut	47
 5. KESIMPULAN DAN SARAN	49
 DAFTAR PUSTAKA	50
 LAMPIRAN	55

DAFTAR GAMBAR

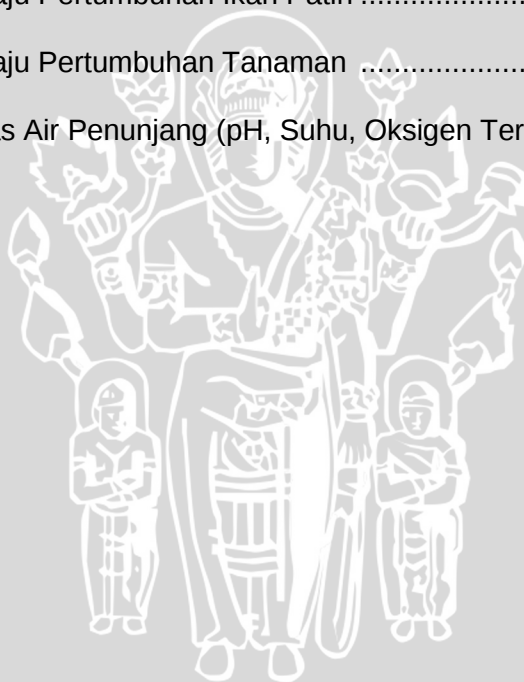
Gambar	Halaman
1. Ikan patin siam (<i>Pangasius hypophthalmus</i>).....	5
2. Sistem Resirkulasi Akuaponik.....	9
3. Kangkung Air (<i>Ipomoea aquatica</i>).....	11
4. Denah Percobaan.....	18
5. Diagram Hubungan Kepadatan Tanaman Dengan Jumlah Rata - Rata Konsentrasi Amonia.....	25
6. Kurva Hubungan Kepadatan Tanaman yang Berbeda Terhadap Konsentrasi Amonia	28
7. Diagram Hubungan Kepadatan Tanaman Dengan Jumlah Rata – Rata Konsentrasi Nitrit.....	30
8. Diagram Hubungan Kepadatan Tanaman Dengan Jumlah Rata –Rata Konsentrasi Nitrat.....	32
9. Kurva Hubungan Kepadatan Tanaman yang Berbeda Terhadap Konsentrasi Nitrat	35
10. Diagram Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Akuaponik Dengan Kelulushidupan Ikan Patin (<i>Pangasius hypophthalmus</i>).....	36
11. Diagram Hubungan Konsentrasi Amonia Terhadap Kelulushidupan	38
12. Diagram Hubungan Hubungan Konsentrasi Nitrit Terhadap Kelulushidupan	39
13. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Akuaponik Dengan Laju Pertumbuhan Spesifik Ikan Patin (<i>Pangasius hypophthalmus</i>)	40
14. Laju Pertumbuhan Tanaman Kangkung.....	42
15. Hubungan Kepadatan Tanaman Kangkung Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman.....	44
16. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Dengan Konsentrasi Derajat Keasaman (pH).....	45
17. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Dengan Konsentrasi Suhu.....	46
18. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Dengan Konsentrasi Oksigen Terlarut	47

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Larutan Baku Amonium	20
2. Larutan Standar Nitrit.....	21
3. Larutan Standar Nitrat.....	22
4. Jumlah Rata –Rata Amonia Selama Penelitian.....	25
5. Sidik Ragam Amonia Selama Penelitian.....	26
6. Data Hasil Uji Bnt Amonia.....	27
7. Jumlah Rata –Rata Nitrit Selama Penelitian	29
8. Sidik Ragam Nitrit Selama Penelitian.....	31
9. Jumlah Rata –Rata Nitrat Selama Penelitian	32
10. Sidik Ragam Nitrat Selama Penelitian	33
11. Data Hasil Uji Bnt Nitrat	34
12. Jumlah Rata- Rata Kelulushidupan Ikan Patin	36
13. Sidik Ragam Kelulushidupan Selama Penelitian.....	37
14. Jumlah Rata – Rata Laju Pertumbuhan Spesifik Selama Penelitian.....	40
15. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik	41
16. Jumlah Rata –Rata Laju Pertumbuhan Tanaman	42
17. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Tanaman.....	43
18. Data Hasil Uji BNT Laju Pertumbuhan Tanaman	43

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Dokumentasi Alat dan Bahan	55
2. Dokumentasi Tahap Penelitian	57
3. Data Perhitungan Nilai Amonia	58
4. Data Perhitungan Nilai Nitrit.....	62
5. Data Perhitungan Nilai Nitrat.....	64
7. Data Perhitungan Kelulushidupan Ikan Patin	68
8. Data Perhitungan Laju Pertumbuhan Ikan Patin	70
9. Data Perhitungan Laju Pertumbuhan Tanaman	72
10.Data Harian Kualitas Air Penunjang (pH, Suhu, Oksigen Terlarut).....	75



I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Seiring dengan makin pesatnya laju pembangunan maka salah satu konsekuensi yang harus dihadapi adalah semakin terbatasnya air, khususnya di daerah perkotaan. Padahal, air menjadi salah satu sumberdaya alam yang dapat digunakan untuk mendukung aktivitas sehari-hari manusia, diantaranya adalah untuk bidang perikanan. Air merupakan sumber utama bagi kehidupan ikan. Teknologi akuaponik merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan dalam rangka pemecahan keterbatasan air tersebut (Siregar *et al.*, 2013).

Ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) merupakan salah satu komoditas ikan konsumsi air tawar yang bernilai ekonomis penting karena beberapa kelebihan yang dimiliki seperti pertumbuhan yang cepat, mudah dibudidayakan dan dapat dipelihara pada perairan dengan kandungan oksigen rendah (Muslim, 2009). Keunggulan ini menyebabkan ikan patin diminati para pembudidaya untuk dibudidayakan. Suplai air yang cukup belum menjamin keberhasilan bila pengelolaan kualitas air selama pemeliharaan tidak memadai. Apalagi saat ini sumber air sebagai media hidup ikan sudah banyak tercemar, sehingga ketersediaan air bersih sangat terbatas (Mulyadi *et al.*, 2014).

Kualitas air merupakan faktor yang sangat penting dalam pemeliharaan ikan, karena akan menentukan hasil yang diperoleh. Kondisi kualitas air juga berperan dalam menekan terjadinya peningkatan perkembangan bakteri patogen dan parasit di dalam media pemeliharaan. Sebagai tempat hidup ikan, kualitas air sangat dipengaruhi oleh faktor fisika dan kimia air seperti suhu, oksigen terlarut, pH, amonia, nitrit dan nitrat (Hariani *et al.*, 2012). Teknologi akuaponik merupakan salah satu alternatif yang dapat diterapkan dalam rangka pemecahan masalah kualitas air budidaya.

Akuaponik merupakan sistem resirkulasi dengan menggunakan prinsip integrasi tanaman sayur/herbal/hias dengan budidaya ikan. Pada dasarnya terdiri dari budidaya ikan dan pemeliharaan tanaman. Air yang merupakan media budidaya ikan digunakan sebagai sumber nutrisi pada pemeliharaan tanaman, sebaliknya tanaman berfungsi sebagai biofilter untuk air. Filtrasi biologis oleh tanaman akan menyerap nitrogen ($\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ dan $\text{NO}_3\text{-N}$) serta karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari budidaya ikan. Ikan mengeluarkan 80-90% amonia melalui proses osmoregulasi sedangkan feses dan urin mengeluarkan 10–20% total amonia-nitrogen (Setijaningsih dan Suryaningrum, 2015).

Budidaya menggunakan sistem akuaponik lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah sehingga mengubah amonia menjadi nitrit dan nitrat. Pada tanaman, nitrat berfungsi sebagai nutrisi. Air yang kaya nutrisi dari wadah pemeliharaan disalurkan kepada tanaman, kemudian dimanfaatkan sebagai hara. Oleh karena itu penggunaan teknologi budidaya akuaponik diharapkan mampu memperbaiki kualitas air pada budidaya ikan dengan kepadatan tinggi sehingga dapat mengurangi tingkat kematian ikan (Zidni *et al.*, 2013).

Akuaponik merupakan salah satu teknologi budidaya yang mengkombinasikan pemeliharaan ikan dengan tanaman. Teknologi ini hemat lahan dan air dalam budidaya ikan sehingga dapat dijadikan sebagai suatu model perikanan perkotaan dan pertamanan di kompleks perumahan. Penerapan akuaponik merupakan jawaban dari efisiensi air dan penghematan lahan budidaya serta tambahan pendapatan dari hasil panen tanaman. Dengan budidaya akuaponik, nitrat yang merupakan limbah dari budidaya ikan dapat diserap dan digunakan sebagai pupuk oleh tanaman akuatik sehingga menurunkan konsentrasi cemaran N serta memperbaiki kualitas air. Sistem ini mengintegrasikan budidaya ikan secara tertutup yang dipadukan sistem tanam sayuran. Penggunaan biofilter diharapkan meningkatkan kualitas air untuk

digunakan kembali dalam pemeliharaan ikan (Taufik, 2010). Perlu dilakukan studi lebih lanjut untuk mengetahui pengaruh perbedaan kepadatan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dengan sistem akuaponik terhadap kualitas air dan kelulushidupan ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*).

1.2 Rumusan Masalah

Pada budidaya sistem akuaponik perlu diketahui jumlah kepadatan tanaman yang cocok dan tepat untuk memperbaiki kualitas air dan mendukung kelulushidupan ikan patin. Kemampuan tanaman dalam menyerap limbah dari sisa pakan dan kotoran ikan perlu diketahui karena penyerapan tersebut berpengaruh terhadap kualitas air untuk kelulushidupan ikan patin. Berdasarkan hal tersebut maka timbul pertanyaan : Apakah penggunaan kepadatan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) yang berbeda dapat mempengaruhi kualitas air dan kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh perbedaan kepadatan tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) terhadap kualitas air dan kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) menggunakan sistem akuaponik.

1.4 Hipotesis

H_0 : Diduga pemberian tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dengan kepadatan berbeda tidak memberikan pengaruh terhadap kualitas air dan kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) menggunakan sistem akuaponik.

H_1 : Diduga pemberian tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) dengan kepadatan yang berbeda memberikan pengaruh terhadap kualitas air dan

kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) menggunakan sistem akuaponik.

1.5 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Budidaya Ikan dan Laboratorium Hidrobiologi, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya, Malang pada bulan Juni 2016.



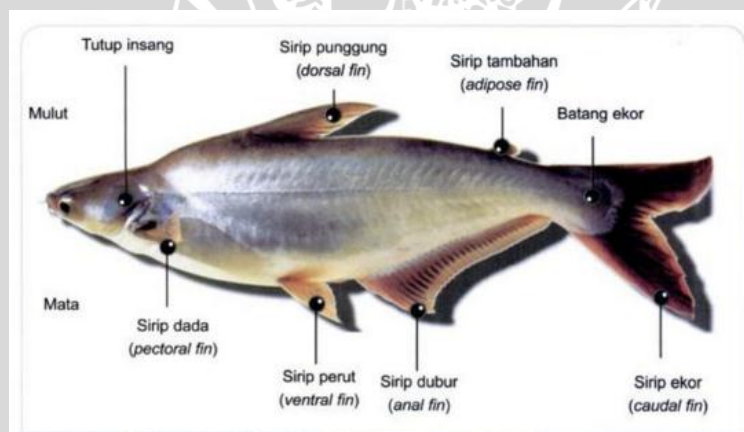
II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Klasifikasi ikan patin siam (Gambar 1) menurut Mahyuddin (2010), dapat dijabarkan sebagai berikut :

Filum	: Chordata
Kelas	: Pisces
Sub kelas	: Teleostei
Ordo	: Ostariophysi
Subordo	: Siluroidea
Famili	: Pangasidae
Genus	: <i>Pangasius</i>
Spesies	: <i>Pangasius hypophthalmus</i>



Gambar 1. Ikan Patin Siam (Mahyuddin,2010).

Ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) merupakan jenis ikan yang hidup di air tawar dan di Indonesia sudah banyak yang dapat membudidayakan. Bentuk tubuh ikan patin memanjang, kepala relatif kecil, daging berwarna putih dan tidak memiliki sisik. Di bagian permukaan punggung ikan patin terdapat sirip lemak yang berukuran kecil (Akbariwati, 2015).

2.1.2 Habitat

Ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) adalah salah satu komoditas ikan air tawar introduksi dari Thailand yang pesat perkembangannya di Indonesia. Di samping pertumbuhannya cepat, ikan ini memiliki kemampuan beradaptasi yang baik terhadap kondisi perairan yang ekstrim seperti kandungan oksigen terlarut (*Dissolved Oxygen*) dan pH yang rendah (Hamid *et al.*, 2009).

Ikan patin termasuk ikan yang beraktifitas pada malam hari atau nokturnal. Ikan ini termasuk ikan demersal atau ikan dasar. Secara fisik memang dari bentuk mulut yang lebar persis seperti ikan demersal lain seperti ikan lele dan ikan gabus. Habitatnya di sungai-sungai besar dan muara-muara sungai yang tersebar di Indonesia, India, dan Myanmar. Ikan patin juga sulit memijah di kolam atau wadah pemeliharaan dan termasuk pula ikan yang kawin musiman sehingga pemijahannya dilakukan secara buatan serta hanya memijah sekali setahun pada musim hujan (November-Maret) (Yuliartati., 2011)

2.1.3 Padat Tebar

Padat penebaran yang dilakukan apabila tidak sesuai dengan luasan tempat budidaya akan memiliki resiko karena akan terjadi persaingan antara individu satu dengan individu yang lainnya. Persaingan tidak terbatas hanya persaingan makanan saja, tetapi dapat juga berupa persaingan ruang gerak dan persaingan untuk mendapatkan oksigen terlarut. Selain itu padat penebaran yang semakin tinggi juga akan mengakibatkan menurunnya kualitas air dikarenakan terjadinya akumulasi limbah pada tempat budidaya (Mulyadi *et al.*, 2014).

Padat penebaran berhubungan dengan produksi dan pertumbuhan ikan. Peningkatan kepadatan akan diikuti dengan penurunan pertumbuhan dan pada kepadatan tertentu pertumbuhan akan berhenti. Untuk mencegah terjadinya hal tersebut, peningkatan kepadatan harus disesuaikan dengan daya dukung. Faktor-faktor yang mempengaruhi *carrying capacity* antara lain adalah kualitas

air, pakan dan ukuran ikan. Lingkungan yang baik dan pakan yang mencukupi, peningkatan kepadatan akan disertai dengan peningkatan hasil (produksi) (Effendi *et al.*, 2006). Padat penebaran optimal ikan patin yang dipelihara menggunakan sistem akuaponik menurut penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ismaniar (2014) adalah 2 ekor/liter dengan ukuran ikan rata-rata 5 cm dan bobot rata-rata 3-4 gram/ekor.

2.1.4 Laju Pertumbuhan Spesifik

Pertumbuhan ikan lekat dengan penambahan ukuran panjang dan berat dalam suatu kurun waktu. Pertumbuhan merupakan proses biologi yang kompleks yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Pertumbuhan disebabkan oleh penambahan jaringan akibat pembelahan sel secara mitosis (pembelahan sel) atau hipertrofi (jumlah sel tetap, volume sel bertambah). Munculnya pertumbuhan apabila ada kelebihan *input* energi yang berasal dari makanan. Laju pertumbuhan dapat dipengaruhi oleh faktor dalam dan luar. Faktor dalam seperti keturunan, seks, umur, berat dan penyakit. Faktor luar seperti suhu, oksigen, pH, CO₂, amonia, makanan dan kepadatan (Saparinto dan Susiana, 2014).

Pertumbuhan dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor dalam dan faktor luar. Faktor dalam umumnya adalah keturunan, jenis kelamin, umur, dan faktor luar adalah makanan dan suhu perairan, pH dan salinitas air, parasit dan penyakit. Menurut Anggreini dan Abdulgani (2013), pertumbuhan adalah perubahan ikan, baik berat badan maupun panjang dalam waktu tertentu. Laju pertumbuhan spesifik adalah laju pertumbuhan harian atau persentase pertambahan bobot ikan setiap harinya. Peningkatan pertumbuhan dapat diketahui melalui peningkatan laju pertumbuhan dan laju pertumbuhan spesifik.

2.1.5 Kelulushidupan

Kordi (2009), menjelaskan bahwa kelangsungan hidup atau sintasan (*survival rate*) adalah persentase jumlah biota budidaya yang hidup dalam kurun

waktu tertentu. Seperti ikan, banyak faktor yang dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup seperti padat penebaran, pakan, lingkungan (kualitas air), kualitas benih, hama dan penyakit.

Meningkatnya padat penebaran individu yang dipelihara akan meningkatkan pula persaingan antara individu yang dipelihara, terutama persaingan untuk memperebutkan ruang gerak dan pakan sehingga individu yang kalah akan terganggu kelangsungan hidupnya (Hermawan, 2015).

Tinggi-rendahnya kadar amonia dan kualitas air kolam sangat mempengaruhi ukuran ikan produksi dan tingkat kelangsungan hidup ikan. Ukuran rata-rata produksi ikan di kolam konvensional sebesar 53,6 gram dengan SR sebesar 49,9%. Sedangkan, ukuran rata-rata produksi ikan di kolam akuaponik sebesar 62,4 gram dengan SR sebesar 81,9%. Hal ini menunjukkan bahwa ukuran ikan produksi di kolam akuaponik 1,25 kali lebih besar dibandingkan di kolam konvensional, begitu pula dengan tingkat kelangsungan hidup ikannya (Saptarini, 2010).

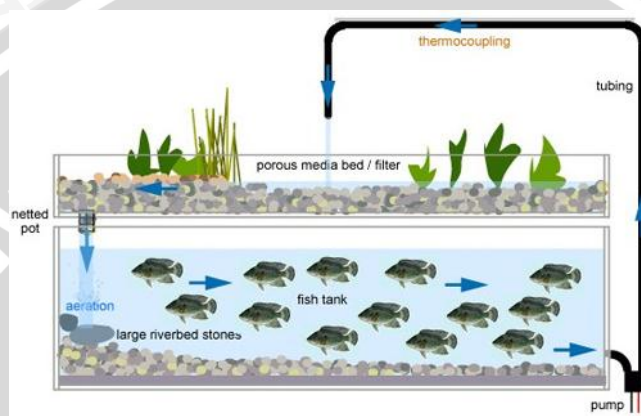
2.2 Sistem Akuaponik

Akuaponik merupakan metode budidaya gabungan antara perikanan dengan tanaman dalam satu wadah. Budidaya ikan merupakan usaha utama, hasil sayuran merupakan usaha sampingan atau tambahan. Usaha akuaponik dapat dikembangkan dengan terobosan dalam perbaikan produk, peningkatan sistem dan penekanan pada biaya produksi (Saparinto dan Susiana, 2014).

Sistem akuaponik dikenal sebagai integrasi produksi tanaman hidroponik dengan budidaya ikan dalam sistem resirkulasi. Tanaman pada sistem akuaponik dapat menyerap nutrisi (amonia, nitrit, nitrat) yang berasal dari limbah budidaya, sedangkan bakteri nitrifikasi mengurangi amonia melalui proses nitrifikasi (Wahyuningsih, 2015)

2.2.1 Sistem Resirkulasi

Menurut Kurniawan (2013), sistem resirkulasi memungkinkan untuk menguraikan limbah di perairan dan mengurangnya melalui penyerapan oleh media filtrasi. Proses resirkulasi di dalam sistem akuaponik dapat pula diistilahkan *recirculating aquaculture system* (RAS). Secara sederhana, ilustrasi RAS ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Sistem Resirkulasi Akuaponik (Kurniawan, 2013)

Pada prinsipnya, salah satu tujuan utama proses resirkulasi adalah untuk mengurangi limbah perairan yang dihasilkan dari pakan yang tidak termakan ataupun kotoran. Limbah organik ini dialirkan kepada tanaman untuk dimanfaatkan sebagai nutrisi. Limbah organik yang dimanfaatkan tanaman untuk pertumbuhannya maupun tersaring oleh media tanam sebagai filter akan menghasilkan air untuk komoditas perikanan yang telah berkurang cemarannya.

Sistem resirkulasi akuakultur merupakan sistem yang memanfaatkan ulang air yang telah digunakan dengan meresirkulasinya melewati sebuah filter, sehingga sistem ini bersifat hemat air. Keberhasilan budidaya ikan di dalam sistem resirkulasi sangat ditentukan oleh baik tidaknya proses nitrifikasi di dalam sistem tersebut (Samsundari dan Wirawan, 2013).

Saptarini (2010), menyatakan bahwa berdasarkan hasil penelitian kolam pembesaran ikan dengan sistem akuaponik lebih baik dibandingkan dengan

sistem konvensional, terlihat dari kadar amonia di kolam akuaponik yang 91% lebih rendah dibandingkan di kolam konvensional dengan kisaran 0,019-0,211 mg/L. Kondisi tersebut disebabkan oleh adanya sistem resirkulasi, sehingga memicu laju dekomposisi dan nitrifikasi.

2.2.2 Pemilihan Jenis Tanaman

Pada prinsipnya semua jenis tanaman sayuran dapat dibudidayakan dengan sistem akuaponik, pemilihan tanaman sayur sebaiknya didasarkan pada nilai ekonomis, sehingga dengan jumlah yang terbatas dapat dihasilkan nilai lebih. Menurut Maryunis *et al.* (2013), salah satu contoh dari filter biologis yang dapat digunakan untuk mengurangi kandungan limbah budidaya di kolam yaitu penggunaan tanaman hijau. Saat ini tanaman hijau banyak digunakan dalam sistem akuaponik. Pada sistem akuaponik, nitrogen akan diserap sebagai pupuk untuk tanaman, sehingga nitrogen di kolam akan berkurang. Tanaman yang biasa digunakan yaitu tanaman kangkung, sawi, selada, dan lain-lain.

- **Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*)**

Tanaman ini umumnya tumbuh secara alami di sawah, rawa dan danau serta tanaman kangkung air dapat beradaptasi dengan baik pada kondisi lingkungan dengan kisaran toleransi kualitas air yang luas. Kangkung air mampu mendapatkan nitrogen, meskipun kondisi nitrogen sangat kecil (Nurjanah *et al.*, 2014)

Klasifikasi kangkung air (*Ipomoea aquatica*) (Gambar 3) menurut Sudirman (2011) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Tubiflorae

Famili : Convolvulaceae
Genus : *Ipomoea*
Spesies : *Ipomoea aquatica*



Gambar 3. Kangkung Air (Ulfa, 2009)

Kangkung air (*Ipomoea aquatica*) memiliki bentuk batang yang panjang, berlubang dan berair. Daunnya berbentuk lebih tumpul dibandingkan dengan bentuk daun kangkung darat yang panjang dan runcing. Bentuk bunganya seperti corong dan berwarna putih kemerahan. Kangkung air tumbuh merambat atau membelit di permukaan air (Ulfah, 2009). Pemanfaatan kangkung sebagai sayuran menjadikan tingginya permintaan akan tanaman kangkung.

Kangkung air selain untuk konsumsi masyarakat, tanaman ini dapat dijumpai di selokan-selokan atau di rawa-rawa sebagai gulma air. Selain itu kangkung air juga memiliki harga yang sangat murah, mudah didapatkan dan mempunyai pertumbuhan yang relatif cepat. Sebagian besar masyarakat hanya mengetahui tanaman kangkung air sebagai jenis sayuran dan ditanam sebagai makanan. Padahal selain sebagai bahan pangan kangkung air juga merupakan tanaman yang mampu menyerap logam berat di perairan (Suhut *et al.*, 2012).

2.3 Kualitas Air

2.3.1 Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) sangat penting mendukung kelangsungan hidup organisme akuatik karena pH dapat mempengaruhi jenis dan susunan zat dalam

lingkungan perairan dan tersedianya unsur hara serta toksisitas unsur renik (Sari, 2007). Air normal yang memenuhi syarat untuk suatu kehidupan mempunyai pH sekitar 6,5 – 7,5. Air akan bersifat asam atau basa tergantung besar kecilnya pH. Bila pH di bawah pH normal, maka air tersebut bersifat asam, sedangkan air yang mempunyai pH di atas pH normal bersifat basa. Air limbah dan bahan buangan industri akan mengubah pH air yang akhirnya akan mengganggu kehidupan organisme di dalam air. Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai pH antara 7 – 8,5. (Yuliastuti, 2011).

Menurut Armita (2011), tinggi atau rendahnya nilai pH air tergantung dalam beberapa faktor yaitu : kondisi gas-gas dalam air seperti CO_2 , konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan. Kisaran pH yang kurang dari 6,5 akan menekan laju pertumbuhan bahkan tingkat keasamannya dapat mematikan dan tidak ada laju reproduksi sedangkan pH 6,5 – 9 merupakan kisaran optimal dalam suatu perairan.

Derajat keasaman merupakan faktor lingkungan kimia air yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan ikan patin siam. Derajat keasaman atau kadar ion H dalam air merupakan salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup di suatu lingkungan perairan.

2.3.2 Oksigen terlarut

Sistem organik perairan seperti proses fotosintesis, respirasi, dan dekomposisi mengakibatkan terjadinya perubahan kandungan oksigen terlarut di perairan tersebut. Oksigen terlarut di perairan akan cenderung mengalami penurunan seiring dengan tingginya proses dekomposisi bahan organik oleh dekomposer. Penurunan oksigen di perairan tidak hanya terjadi di kolom air, tetapi juga pada dasar perairan yang lebih banyak disebabkan oleh proses

dekomposisi bahan organik yang membutuhkan oksigen terlarut di lapisan dekat dasar. Besaran kebutuhan oksigen tersebut sangat erat kaitannya dengan aktivitas dekomposer, yang dipengaruhi oleh jenis dan jumlah dekomposer serta jenis dan jumlah bahan organik yang berada di dasar perairan (Hadinafta, 2009).

Oksigen adalah salah satu unsur kimia yang sangat penting sebagai penunjang utama kehidupan berbagai organisme. Oksigen dimanfaatkan oleh organisme perairan untuk proses respirasi dan menguraikan zat organik menjadi zat an-organik oleh mikroorganisme. Oksigen terlarut dalam air berasal dari difusi udara dan hasil fotosintesis organisme berklorofil yang hidup dalam suatu perairan dan dibutuhkan oleh organisme untuk mengoksidasi zat hara yang masuk ke dalam tubuhnya (Simanjuntak, 2007).

Salah satu indikator kesuburan perairan adalah oksigen terlarut. Kadar oksigen terlarut semakin menurun seiring dengan semakin meningkatnya limbah organik di perairan tersebut. Hal ini dikarenakan oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan zat organik menjadi zat anorganik semakin banyak.

2.3.3 Amonia

Amonia merupakan senyawa nitrogen yang mudah larut dalam air dan bersifat basa sehingga dalam air akan membentuk ammonium hidroksida. Menurut Wahyuningsih (2015), senyawa nitrogen (amonia, nitrit, dan nitrat) merupakan kontaminan utama dalam air limbah budidaya. Amonia menjadi limbah nitrogen utama yang dihasilkan oleh hewan air. Pakan merupakan sumber utama amonia dalam sistem budidaya ikan dengan kepadatan tinggi. Hal ini dikarenakan hanya sekitar 20-30% dari nutrisi pakan menjadi biomassa, sedangkan sisanya diekskresikan ke lingkungan dalam bentuk amonia dan urea. Meningkatnya pemberian pakan akan diikuti dengan buangan dan akumulasi limbah nitrogen yang semakin tinggi, dan pada akhirnya menyebabkan penurunan kualitas air.

Amonia yang tinggi dapat mengakibatkan tingginya kandungan nitrit perairan yang bersifat toksik. Nitrit tersebut merupakan produk antara bakteri nitrifikasi yang memanfaatkan amonia dalam prosesnya. Selain itu amonia yang tinggi juga dapat mengakibatkan *blooming* alga. Solusi yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah tersebut adalah dengan melakukan pergantian air secara rutin. Tetapi hal tersebut tidak dapat selalu dilakukan, terkait dengan masalah lingkungan, kualitas air, limbah buangan budidaya, dan lain-lain. Terdapat 2 bentuk amonia di air, yaitu yang terionisasi (amonium, NH_4^+) dan yang tidak terionisasi (amonia, NH_3). Amonia yang tidak terionisasi berbahaya bagi organisme akuatik, karena bersifat toksik (Yuniasari, 2009).

2.3.4 Nitrit

Senyawa nitrit merupakan bahan peralihan yang terjadi pada siklus biologi. Senyawa ini dihasilkan dari suatu proses oksidasi biokimia amonium, tetapi sifatnya tidak stabil karena pada kondisi aerobik, dengan cepat nitrit dioksidasi menjadi nitrat oleh bakteri *Nitrobacter* sedangkan pada kondisi anaerobik, nitrat dapat direduksi menjadi nitrit yang selanjutnya hasil reduksi tersebut dilepaskan sebagai gas nitrogen pada perairan (Herlambang dan Marsidi, 2003).

Amonia pada kondisi aerob akan dioksidasi dan menghasilkan nitrit. Nitrit terbentuk sebagai produk dari oksidasi senyawa amonia oleh *Nitrosomonas*. Nitrit merupakan senyawa yang relatif tidak stabil karena dengan oksigen cukup mudah teroksidasi menjadi nitrat oleh *Nitrobacter*. Konsentrasi nitrit yang cenderung meningkat, dan karena senyawa ini tidak stabil maka perubahannya dalam sistem diatasi dengan pasokan oksigen yang cukup (Wahyuningsih, 2015).

2.3.5 Nitrat

Nitrat merupakan salah satu senyawa nitrogen yang ada di perairan. Nitrat adalah bentuk senyawa nitrogen yang merupakan sebuah senyawa yang

stabil. Nitrat merupakan salah satu unsur yang penting untuk sintesa protein tumbuh-tumbuhan dan hewan. Batas toleransi nitrat terendah untuk pertumbuhan alga adalah 0,1 ppm sedangkan batas tertingginya adalah 3 ppm. Apabila kadar nitrat dibawah 0,1 atau di atas 3 ppm maka nitrat merupakan faktor pembatas (Alfianingsi, 2011).

Menurut Vaillant *et al.* (2004), nitrat menjadi nutrien terlarut yang banyak diserap oleh akar tanaman. Akar tanaman juga menjadi media tambahan bakteri nitrifikasi, yang membantu mereduksi amonia dan menyediakan nitrat yang dibutuhkan tanaman. Komarawidjaja (2006), hasil akhir proses nitrifikasi adalah terbentuknya nitrat. Senyawa N anorganik ini relatif tidak bersifat racun bagi kehidupan ikan dibanding dengan amonia dan nitrit. Sebagai hasil akhir dari proses nitrifikasi seharusnya konsentrasi nitrat menjadi bertambah. Dalam kondisi aerob, proses denitrifikasi tidak mungkin berjalan dengan sempurna, karena kondisi yang baik untuk proses denitrifikasi adalah dalam kondisi anoksik.

III. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Alat – Alat Penelitian

Alat – alat yang akan digunakan pada penelitian dapat dilihat sebagai berikut dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 1

- Akuarium berukuran 50 cm x 30 cm x 30 cm sebanyak 12 buah
- Pompa
- Sesar
- Timbangan digital
- Aerator
- Selang aerator
- Baskom
- Penggaris
- Kamera
- pipet tetes
- cuvet
- Thermometer
- Spektrofotometer
- DO meter
- pH meter
- tabung reaksi
- cawan porselen
- gelas ukur 10 ml
- bola hisap
- beaker glass

3.1.2 Bahan – Bahan Penelitian

Bahan – bahan yang digunakan pada penelitian adalah :

- Ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) yang digunakan pada penelitian ini berukuran 5-7 cm diperoleh dari daerah Tulungagung, Jawa Timur.
- Tanaman kangkung (*Ipomoea aquatica*) diperoleh dari Agrowisata, Kota Batu
- Air tawar
- Akuades
- Pakan ikan

- Tissue
- Larutan nessler
- Larutan sulfanilamide
- Larutan NED
- Asam fenoldisulfonik
- Larutan NH_4OH
- Alat tulis

3.2 Metode Penelitian

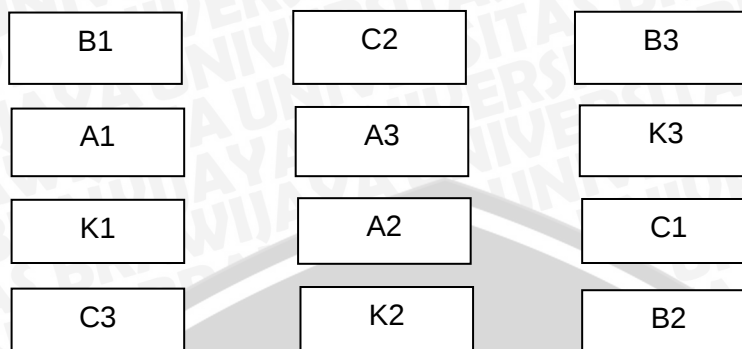
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL). Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan terhadap variabel yang datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian yang kemudian diamati / diukur dampaknya (data yang akan datang). Penelitian eksperimen juga merupakan penelitian yang dilakukan secara sengaja oleh peneliti dengan cara memberikan perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian guna membangkitkan sesuatu kejadian atau keadaan yang akan diteliti bagaimana akibatnya (Jaedun, 2011).

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan penggunaan empat macam perlakuan dan tiga ulangan :

- Perlakuan K (tanpa tanaman (kontrol))
- Perlakuan A (menggunakan 10 rumpun tanaman kangkung air)
- Perlakuan B (menggunakan 20 rumpun tanaman kangkung air)
- Perlakuan C (menggunakan 30 rumpun tanaman kangkung air)

Denah percobaan dapat dilihat pada (Gambar 4) di bawah ini :



Gambar 4. Denah Percobaan

Keterangan :

- K : Kontrol (Tanpa tanaman)
 A : menggunakan 10 rumpun tanaman kangkung air
 B : menggunakan 20 rumpun tanaman kangkung air
 C : menggunakan 30 rumpun tanaman kangkung air
 1, 2 dan 3 : Ulangan

Adapun pada penelitian ini pengambilan perlakuan pada tanaman berdasarkan penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Dauhan *et al.* (2014) sedangkan untuk pengambilan perlakuan padat tebar pada ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) berdasarkan pada penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Ismaniar pada tahun 2014.

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan

a. Persiapan Konstruksi, Wadah dan Peralatan

Persiapan konstruksi, wadah dan peralatan dilakukan tiga minggu sebelum penelitian dilaksanakan yang terdiri dari :

1. Mempersiapkan akuarium percobaan dengan ukuran 50 cm x 30 cm x 30 cm sebanyak 12 buah.

2. Pembersihan dan pendifeksian akuarium dengan cara penjemuran di bawah sinar matahari selama 2-3 jam.
3. Pemasangan sistem resirkulasi dan aerasi.
4. Mempersiapkan tanaman kangkung masing-masing 10 rumpun, 20 rumpun dan 30 rumpun tanaman yang telah berumur 14 hari.
5. Mempersiapkan ikan patin siam dengan jumlah dan ukuran yang telah ditentukan yaitu 2 ekor/liter benih ikan patin siam pada tiap akuarium dengan ukuran berkisar antara 5-7 cm beserta pakannya.
8. Mempersiapkan perlengkapan yang akan digunakan dalam penelitian.

b. Adaptasi Terhadap Hewan Uji

Sebelum penelitian ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) terlebih dahulu diadaptasikan (diaklimatisasi) terhadap kondisi lingkungan yang baru dengan cara dipelihara pada kolam berukuran 3,5 x 1,5 x 1 m dan diberi pakan pelet selama 2 minggu. Selanjutnya tanaman juga terlebih dahulu diadaptasikan selama 1 minggu di bak tanaman.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada bulan Juni dengan tahap-tahap sebagai berikut dan untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Lampiran 2

1. Penyesuaian suhu air dengan menggunakan heater akuarium yang dinyalakan pada suhu 28° C.
2. Perhitungan berat ikan diawal (W_0) dan akhir (W_t) penelitian.
3. Penebaran ikan patin ke wadah pemeliharaan dengan kepadatan 2 ekor / liter.
4. Pemberian pakan berupa pelet dengan frekuensi pemberian 3 kali sehari setiap pagi, siang dan sore dengan dosis 3% dari bobot tubuhnya.
5. Penanaman tanaman kangkung sesuai perlakuan pada wadah.
6. Perhitungan laju pertumbuhan spesifik dan kelulushidupan ikan patin siam
7. Pengukuran terhadap kualitas air (suhu, pH, DO, NH_3 , NO_2 dan NO_3).

3.5 Parameter Uji

3.5.1 Parameter Utama

a. Kualitas Air

Pengukuran kualitas air meliputi pH, suhu, oksigen terlarut, NH_3 , NO_2 dan NO_3 di dalam setiap wadah pemeliharaan. Pengukuran pH, suhu dan oksigen terlarut dilakukan setiap hari yaitu setiap pagi dan sore, dan pengukuran NH_3 , NO_2 dan NO_3 dilakukan setiap sepuluh hari sekali.

• Amonia (ppm)

Pengukuran kadar amonia pada media penelitian menggunakan metode pengukuran menurut SNI (1990), langkah awal pengujian kadar amonia yaitu pipet 50 ml benda uji dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer 100 ml. Selanjutnya ditambahkan 1 ml larutan Nessler, dihomogenkan dan dibiarkan larutan tersebut bereaksi selama ≥ 10 menit. Diambil larutan bening dan dimasukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer dan ukur dengan panjang gelombang 425 nm kemudian dibaca dan dicatat nilai kadar amonia.

Tabel 1. Larutan Baku Amonium

Larutan Induk Amonium (μl)	Kadar Amonium (mg/L)
0	0,0
250	0,5
500	1,0
1000	2,0
2000	4,0

Sumber : SNI, 1990

• Nitrit (ppm)

Pengukuran nitrit pada penelitian ini mengacu pada metode pengukuran menurut Boyd (1977), yaitu terlebih dahulu air sampel disaring menggunakan kertas saring. Selanjutnya diukur 50 ml air sampel ke dalam *beaker glass* 100 ml. Ditambahkan 1 ml larutan sulfanilamide dan ditunggu 2-3 menit untuk reaksi. Selanjutnya ditambahkan 1 ml larutan N-(1-naphthyl)-etilendiamine dihidroklorid

dan ditunggu sampai 10 menit sampai bereaksi. Diambil larutan kemudian dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur menggunakan alat spektrofotometer dengan panjang gelombang 543 nm dan dicatat hasil.

Tabel 2. Larutan Standar Pembanding Nitrit

Nitrit-nitrogen (<i>mg/l</i>)	Larutan standar nitrit-nitrogen (ml)
0,00	0,00
0,02	2,00
0,04	4,00
0,06	6,00
0,08	8,00
0,10	10,00
0,15	15,00
0,20	20,00

Sumber : Boyd, 1977

- **Nitrat**

Pengukuran nitrat mengacu pada metode pengukuran Boyd (1977), yaitu terlebih dahulu air sampel disaring menggunakan kertas saring. Ukur 50 ml dari air sampel kemudian dituangkan ke cawan porselen. Selanjutnya dipanaskan air sampel hingga membentuk kerak. Setelah cawan dingin ditambahkan 1 ml asam fenoldisulfonik dan dikerik dengan spatula. Dipindahkan larutan ke dalam gelas ukur 50 ml dengan 25-35 ml dengan akuades. Ditambahkan 4 ml larutan ammonium hidroksida untuk menghasilkan warna kuning. Dipersiapkan regen dan ditambahkan 1 ml asam fenoldisulfonik dan 4 ml konsentrasi amonium hidroksida ke gelas ukur 50 ml dan dicampurkan dengan akuades. Diukur air sampel yang berwarna kuning menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 410 nm dan dicatat.

Tabel 3. Larutan Pembanding Nitrat

Nitrat-nitrogen (<i>mg/l</i>)	Larutan standar nitrat-nitrogen (ml)
0,00	0,00
0,05	1,00
0,10	2,00
0,25	5,00
0,50	10,00

0,75	15,00
1,00	20,00

Sumber : Boyd, 1977

b. Kelulushidupan

Kelulushidupan ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) dihitung pada akhir penelitian. Menurut Rudiyantri dan Astri (2009), kelulushidupan ikan uji diperoleh dengan mengikuti rumus :

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

dimana :

SR = Kelulushidupan hidup hewan Uji (%).

Nt = Jumlah ikan uji pada akhir penelitian (ekor).

No = Jumlah ikan uji pada awal penelitian (ekor).

3.5.2 Parameter Penunjang

a. Oksigen Terlarut (ppm)

Oksigen terlarut pada penelitian ini diukur dengan metode elektrometik menggunakan DO meter yaitu dengan memasukkan batang DO meter yang sebelumnya sudah dikalibrasi menggunakan akuades ke dalam akuarium. Setelah itu dilihat angka yang tertera selanjutnya dicatat.

b. Derajat Keasaman

pH pada penelitian ini diukur menggunakan pH meter dengan prosedur pengukuran yaitu dengan memasukkan batang pH meter yang sebelumnya sudah dikalibrasi menggunakan aquades ke akuarium dan dicatat.

c. Suhu

Suhu pada penelitian ini diukur menggunakan termometer dengan melihat nilai suhu yang tertera pada termometer yang terdapat pada akuarium

pemeliharaan dilakukan setiap pagi dan sore hari dan dicatat. Pengukuran suhu dilakukan untuk dapat mengontrol kondisi suhu di akuarium.

d. Laju Pertumbuhan Spesifik

Laju pertumbuhan spesifik ikan patin siam (*Pangasius hypophthalmus*) diketahui dengan melakukan penimbangan pada awal penelitian dan akhir penelitian. Untuk menentukan laju pertumbuhan spesifik sesuai dengan Rudiyanti dan Astri (2009) :

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t_1 - t_0} \times 100\%$$

dimana :

SGR : Laju pertumbuhan berat spesifik (% per hari)

Wt : Bobot biomassa pada akhir penelitian (gram)

Wo : Bobot biomassa pada awal penelitian (gram)

t₁ : Waktu akhir penelitian (hari)

t₀ : Waktu awal penelitian (hari)

e. Pertumbuhan Tanaman

Pengamatan pertumbuhan tanaman kangkung meliputi biomassa dan tinggi tanaman. Pengukuran dilakukan pada awal dan akhir penelitian dan selanjutnya dilakukan perhitungan laju pertumbuhan tanaman (LPT).

Laju pertumbuhan tanaman (LPT) kangkung dihitung mengikuti persamaan Agung dan Ahidayat (2004) sebagai berikut:

$$LPT = \frac{\ln W_t - \ln W_0}{t_1 - t_0} \times 100\%$$

Keterangan :

Wt = Berat basah akhir (g)

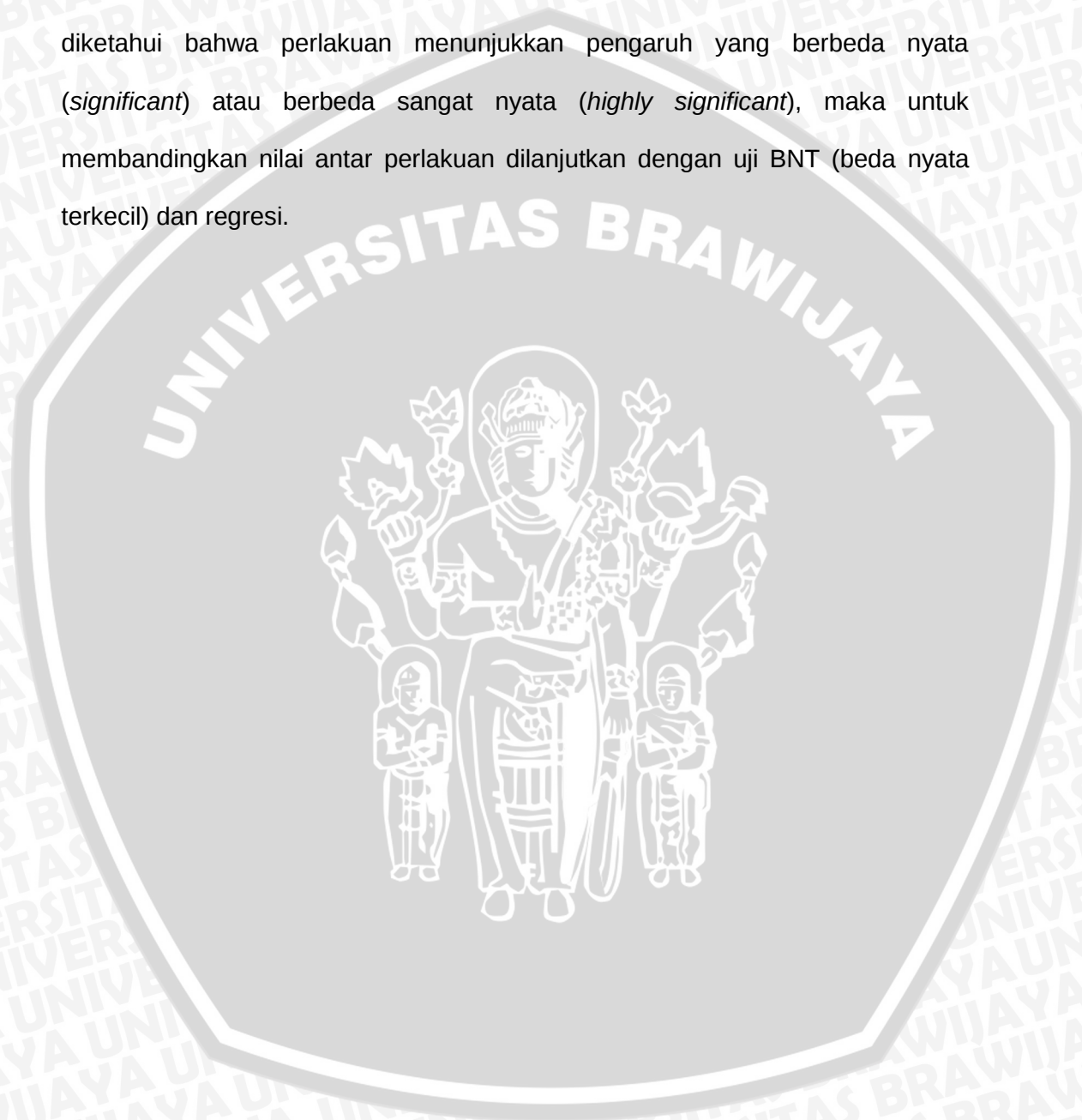
W₀ = Berat basah awal (g)

t₀ = Waktu awal pengamatan (hari)

t = Waktu pengamatan ke t (hari)

3.6 Analisa Data

Data yang diperoleh dari hasil penelitian dianalisa secara statistik dengan menggunakan analisa keragaman (ANOVA) sesuai dengan rancangan yang digunakan yaitu rancangan acak lengkap (RAL). Apabila dari data sidik ragam diketahui bahwa perlakuan menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata (*significant*) atau berbeda sangat nyata (*highly significant*), maka untuk membandingkan nilai antar perlakuan dilanjutkan dengan uji BNT (beda nyata terkecil) dan regresi.



IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Parameter Utama

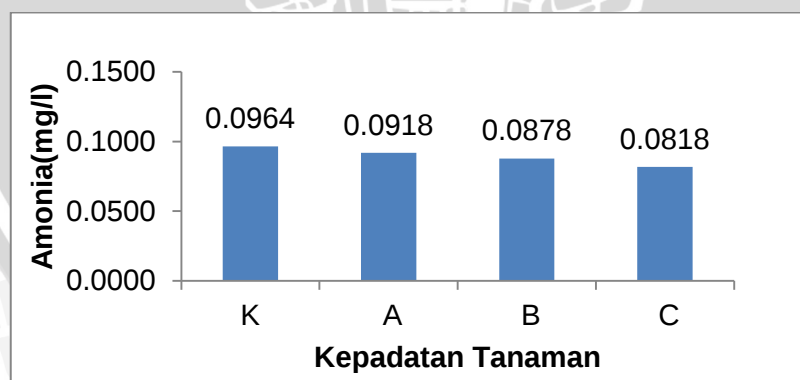
4.1.1 Amonia

Kadar amonia saat penelitian diukur setiap 10 hari sekali sebanyak 3 kali pengukuran selama 30 hari. Data pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 3, dan data jumlah rata-rata amonia dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini.

Tabel 4. Jumlah Rata-Rata Amonia Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	0,0923	0,1013	0,0953	0,2890	0,0963	$\pm 0,0046$
A	0,0938	0,0908	0,0908	0,2754	0,0918	$\pm 0,0017$
B	0,0847	0,0847	0,0938	0,2634	0,0878	$\pm 0,0052$
C	0,0817	0,0893	0,0742	0,2453	0,0817	$\pm 0,0075$
Total				1,0732		

Tabel 4 di atas menunjukkan bahwa perlakuan K dengan tanpa menggunakan tanaman kangkung memiliki nilai rata-rata amonia tertinggi dengan kandungan nilai sebesar 0.0963 mg/L. Untuk lebih jelasnya, besaran kandungan amonia dapat dilihat pada diagram batang yang terdapat pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Hubungan antara kepadatan tanaman dengan konsentrasi amonia

Grafik di atas menunjukkan bahwa rata-rata kandungan amonia berkisar antara 0,08 – 0,1 mg/L. Rata-rata kandungan amonia tertinggi yaitu pada perlakuan K yang tidak menggunakan tanaman sebesar 0,0964 mg/L, kemudian

perlakuan C sebesar 0,0918 mg/L, diikuti dengan perlakuan B sebesar 0,0878 mg/L dan yang terendah yaitu perlakuan C dengan nilai rata-rata sebesar 0,0818 mg/L. Perlakuan K yaitu tanpa menggunakan tanaman memiliki nilai rata-rata amonia tertinggi karena tidak adanya tanaman yang berfungsi menyerap kandungan amonia. Tanaman dapat memanfaatkan ammonium sebagai unsur hara dalam proses pertumbuhan. Terbentuknya amonia dalam suatu perairan disebabkan oleh sisa proses metabolisme dan sisa pakan yang tidak termakan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Saptarini (2010), bahwa peningkatan kadar amonia terutama berasal dari pemberian pakan yang berlebihan, sehingga berakibat pada ekskresi amonia oleh ikan cukup tinggi dan di lain pihak populasi bakteri dekomposer tidak memadai. Menurut Endut *et al.* (2010), proses nitrifikasi dibantu dengan sistem aerasi secara terus menerus selama percobaan. Di perairan alami, amonium dikonversi lebih cepat menjadi nitrit dan selanjutnya menjadi nitrat oleh bakteri aerob dari genus *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*, melalui proses yang disebut nitrifikasi.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap kandungan amonia maka dilakukan perhitungan sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Sidik Ragam Amonia Selama Penelitian

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	0,000345	0,000115008	4,24009*	4,07	7,59
Acak	8	0,000217	2,71239E-05			
Total	11	0,000562				

Keterangan : * : berbeda nyata

Berdasarkan dari analisis keragaman pada Tabel 5 mengenai amonia diperoleh F hitung sebesar 4,24 dimana nilai F hitung lebih besar dari F tabel 5% dan lebih kecil dari F tabel 1% yang berarti bahwa perlakuan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik memberikan pengaruh

yang berbeda nyata terhadap kandungan amonia. Kadar amonia dalam penelitian ini berkisar antara 0,07 – 0,12 mg/L masih baik untuk menunjang kelulushidupan dan pertumbuhan ikan. Sesuai dengan pernyataan Putri *et al.* (2012), bahwa kandungan amonia perairan tidak boleh lebih dari 1 mg/L. Monalisa dan Infa (2010), amonia terlarut yang baik untuk kelangsungan hidup ikan yaitu kurang dari 1 ppm. Dari hasil tersebut maka dapat dinyatakan bahwa penelitian ini menolak H_0 dan menerima H_1 .

Untuk mengetahui perbedaan pengaruh terkecil dari setiap perlakuan, digunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang disajikan pada Tabel 6 berikut.

Tabel 6. Data Hasil uji BNT Amonia

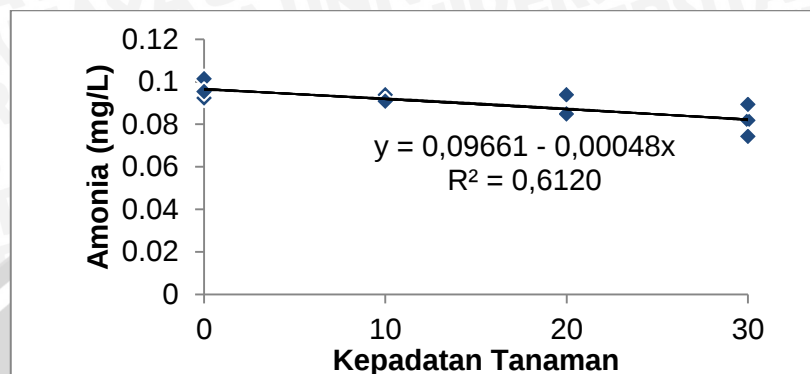
Perlakuan	Rerata	K	A	B	C	Notasi
		0,0964	0,0918	0,0878	0,0818	
K	0,0964	0,0000				a
A	0,0918	0,0045 ^{ns}	0,0000			ab
B	0,0878	0,0085 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	0,0000		ab
C	0,0818	0,0146 ^{**}	0,0101 [*]	0,0060 ^{ns}	0,0000	b

Keterangan : ns: Tidak berbeda nyata ** :Berbeda sangat nyata

* : Berbeda nyata

Berdasarkan hasil uji BNT diketahui bahwa perlakuan K menunjukkan nilai konsentrasi amonia paling tinggi dan pada perlakuan C menunjukkan nilai konsentrasi amonia paling rendah. Apabila dibandingkan antara perlakuan K dan C terlihat jelas adanya pengaruh yang sangat nyata, sedangkan apabila dibandingkan perlakuan A dan C menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Namun perlakuan K, A dan C tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perlakuan B. Sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan C merupakan perlakuan yang terbaik. Akan tetapi jika dilihat dari hasil rata-rata menunjukkan bahwa nilai konsentrasi amonia semakin menurun sejalan dengan semakin tingginya kepadatan tanaman kangkung. Hal ini dikarenakan semakin tingginya kepadatan tanaman semakin tinggi pula daya serap amonia. Setelah diketahui hasil BNT, selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal untuk

mendapatkan kurva regresi dan mengetahui bagaimana bentuk hubungan antara kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap nilai konsentrasi amonia seperti yang disajikan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Hubungan Kepadatan Tanaman Kangkung Yang Berbeda Terhadap Konsentrasi Amonia (mg/L)

Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa hubungan antara kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap konsentrasi amonia membentuk pola linear dengan persamaan $y = 0,09661 - 0,00048x$ dengan $R^2 = 0,6120$. Dari hubungan tersebut dapat dilihat bahwa pada perlakuan K tanpa menggunakan tanaman menunjukkan nilai konsentrasi tertinggi (0,0964 mg/L) apabila dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal ini ditunjukkan dari hasil yang didapat pada perlakuan A yaitu 0,0918 mg/L, perlakuan B 0,0878 mg/L dan perlakuan C sebesar 0,0818 mg/L yang semakin menurun.

Maka berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa penurunan amonia dengan tanaman kangkung memberikan hasil yang nyata dalam menurunkan konsentrasinya. Menurut Putra *et al.* (2011), keberadaan senyawa ammonium dan amonia yang terlarut dalam air tergantung pH, amonia tak terionisasi bersifat toksik bagi ikan, sedangkan ammonium bersifat hara terhadap alga dan tanaman air. Nitrogen yang ada di air dimanfaatkan tanaman untuk pertumbuhan terutama nitrat dan ammonium. Buzby dan Shin (2014), dalam sistem akuaponik, limbah yang mengandung nutrisi yang dihasilkan melalui pembesaran ikan dilewatkan

melalui zona perakaran tanaman sebagai sumber nutrisi tanaman. Tanaman menggunakan nutrisi tersebut untuk mendukung pertumbuhan. Serapan hara dan penyerapan dalam biomassa tanaman menghilangkan nutrisi dari kualitas air limbah dengan demikian meningkatkan kualitas perairan. Perhitungan analisis sidik ragam, uji BNT serta polynomial orthogonal secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 3.

4.1.2 Nitrit

Kadar nitrit saat penelitian diukur setiap 10 hari sekali sebanyak 3 kali pengukuran selama 30 hari. Data pengamatan dapat dilihat pada Lampiran 4, dan data jumlah rata-rata amonia dapat dilihat pada Tabel 7 berikut ini.

Tabel 7. Jumlah Rata-Rata Nitrit Selama Penelitian

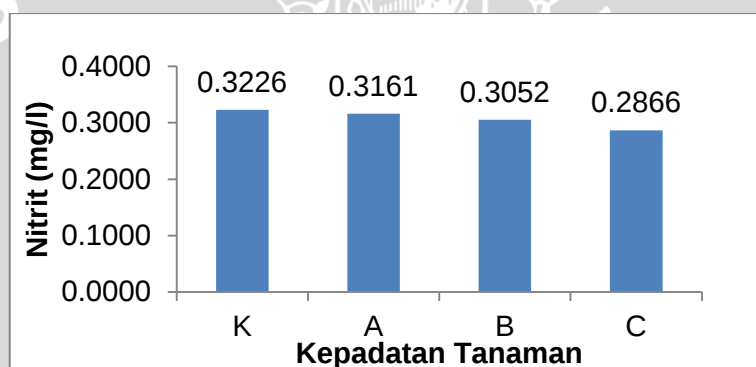
Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
Kontrol	0,3206	0,3375	0,3098	0,9679	0,3226	$\pm 0,0139$
A	0,3105	0,3110	0,3269	0,9484	0,3161	$\pm 0,0093$
B	0,3271	0,2979	0,2905	0,9156	0,3052	$\pm 0,0194$
C	0,2652	0,3078	0,2867	0,8597	0,2866	$\pm 0,0213$
Total				3,6916		

Tabel 7 di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata nitrit tertinggi yaitu perlakuan K sebesar 0.3226 mg/L. Pada perlakuan dengan menggunakan tanaman nilai rata-rata nitrit lebih kecil dibandingkan dengan perlakuan tanpa tanaman. Hal tersebut dikarenakan perlakuan tanpa menggunakan tanaman memiliki kadar amonia yang lebih besar sehingga proses nitrifikasi juga lebih besar dibandingkan dengan perlakuan dengan menggunakan tanaman. Sesuai dengan pernyataan Komarawidjaja (2006), pada proses nitrifikasi nitrit sebagai hasil oksidasi amonia, juga merupakan senyawaan nitrogen anorganik yang dapat membahayakan kehidupan udang bila terdapat dalam jumlah tinggi. Nitrit beracun karena kemampuannya mengikat haemoglobin sehingga mengganggu absorpsi oksigen dalam darah. Nitrit merupakan senyawa intermediet antara

amonia dan nitrat yang pembentukannya sangatlah dipengaruhi oleh kandungan oksigen terlarut di perairan.

Kandungan nitrit yang tinggi akan bersifat berbahaya bagi kelulushidupan dan pertumbuhan ikan. Menurut Fadil *et al.* (2011), menyatakan bahwa amonia, nitrat dan nitrit merupakan derivat senyawa nitrogen organik yang bersifat toksik terhadap organisme yang hidup di perairan. Tingkatan daya racun masing-masing senyawa berbeda-beda dimana amonia dan nitrit sangat toksik walau dalam konsentrasi yang sedikit sedang nitrat baru bersifat toksik dalam konsentrasi besar.

Jelasnya kandungan rata-rata nitrit selama penelitian dapat dilihat pada diagram batang yang terdapat pada Gambar 7 berikut ini.



Gambar 7. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Akuaponik Dengan Konsentrasi Nitrit

Diagram di atas menunjukkan bahwa rata-rata kandungan nitrit berkisar antara 0,28 – 0,33 mg/L. Rata-rata kandungan nitrit tertinggi yaitu pada perlakuan K sebesar 0,3226 mg/L kemudian perlakuan A dengan nilai rata-rata sebesar 0,3161 mg/L dilanjutkan dengan perlakuan B sebesar 0,3052 mg/L dan yang terendah adalah perlakuan C dengan nilai sebesar 0,2866 mg/L.

Perlakuan K memiliki nilai nitrit tertinggi dikarenakan oleh tingginya kadar amonia yang terkandung didukung dengan oksigen terlarut tinggi sehingga proses perubahan amonia menjadi nitrit berjalan baik oleh bakteri nitrifikasi. Nugroho *et al.* (2012), menyatakan bahan organik yang berasal dari sisa pakan

dan feses ikan akan mengalami pembusukan mineral yang terlepas dan terutama adalah garam nitrogen (berasal dari asam amino penyusun protein). Proses pembusukan tadi mula-mula terbentuk amonia (NH_3) sebagai hasil perombakan asam amino oleh berbagai jenis bakteri aerob dan anaerob. Bila keadaan perairan semakin buruk, sehingga O_2 dalam air sampai habis, maka secara perlahan proses pembongkaran bahan organik akan diambil oleh bakteri lain yang terkenal ialah *Nitrosomonas* menjadi senyawa nitrit.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap kandungan nitrit maka dilakukan perhitungan sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Sidik Ragam Nitrit Selama Penelitian

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	0,002242	0,00074729	2,6916 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	0,002221	0,00027763			
Total	11	0,004463				

Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

Berdasarkan dari analisis keragaman pada Tabel 7 mengenai kandungan nitrit diperoleh F hitung sebesar 2,69 dimana nilai F hitung lebih kecil dari F tabel 5% yang berarti bahwa perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kandungan nitrit. Dari hasil tersebut maka dapat dinyatakan bawa penelitian ini menerima H_0 dan menolak H_1 .

Kadar nitrit selama penelitian berkisar antara 0,28 – 0,33 mg/L masih layak untuk menunjang kelulushidupan dan pertumbuhan ikan. Sesuai dengan pernyataan Wahyuningsih (2015), bahwa tingkat toksisitas nitrit untuk ikan adalah 5 mg/L, dan dalam kebanyakan kasus harus tetap di bawah 1 mg/L. Hermawan *et al.* (2015) kandungan nitrit yang masih dapat menunjang sintasan ikan dan organisme perairan lainnya adalah kurang dari 0,1 ppm. Hasil

perhitungan sidik ragam diperoleh hasil yang tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata sehingga tidak dilanjutkan ke perhitungan uji BNT.

4.1.3 Nitrat

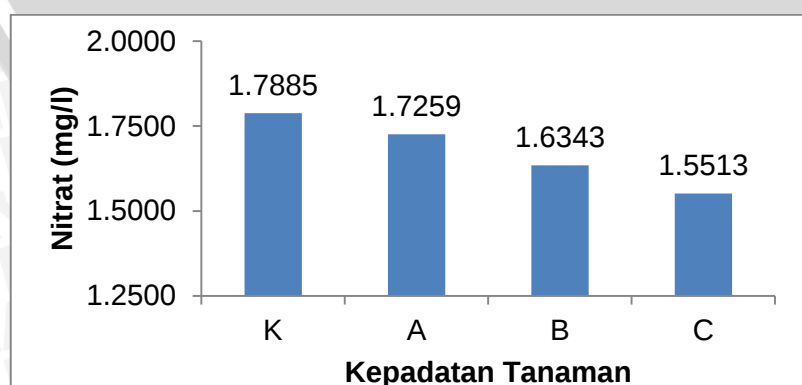
Kadar nitrat saat penelitian diukur setiap 10 hari sekali sebanyak 3 kali pengukuran selama 30 hari. Data pengamatan selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 5, dan data jumlah rata-rata nitrat dapat dilihat pada Tabel 9 berikut di bawah ini.

Tabel 9. Jumlah Rata-Rata Nitrat Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	1,7874	1,8553	1,7227	5,3654	1,7885	$\pm 0,0663$
A	1,6451	1,7130	1,8197	5,1778	1,7259	$\pm 0,0880$
B	1,6289	1,5707	1,7033	4,9029	1,6343	$\pm 0,0665$
C	1,5060	1,6386	1,5092	4,6538	1,5513	$\pm 0,0756$
Total				20,1000		

Tabel 9 di atas menunjukkan bahwa nilai rata-rata nitrat tertinggi yaitu perlakuan K sebesar 1,7885 mg/L. Rendahnya nilai rata-rata nitrat pada perlakuan menggunakan tanaman dikarenakan tanaman kangkung memanfaatkan nitrat sebagai sumber nutrisi. Sementara pada perlakuan kontrol yaitu tanpa menggunakan tanaman lebih tinggi dikarenakan tidak adanya tanaman yang dapat menyerap nitrat.

Jelasnya kandungan rata-rata nitrat selama penelitian dapat dilihat pada diagram batang yang terdapat pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Akuaponik Dengan Konsentrasi Nitrat

Diagram di atas menunjukkan bahwa rata-rata kandungan nitrat berkisar antara 1,50 – 1,80 mg/L. Rata-rata kandungan nitrat tertinggi yaitu pada perlakuan K sebesar 1,7885 mg/L kemudian perlakuan A dengan nilai rata-rata sebesar 1,7259 mg/L dilanjutkan dengan perlakuan B sebesar 1,6343 mg/L dan yang terendah adalah perlakuan C dengan nilai sebesar 1,5513 mg/L.

Pada perlakuan tanpa menggunakan tanaman nilai rata-rata nitrat adalah yang tertinggi yaitu sebesar 1,7885 mg/L. Hal tersebut dikarenakan tidak adanya tanaman yang menyerap kandungan nitrat, sehingga nilai rata-rata nitrat menjadi lebih tinggi dibandingkan perlakuan dengan menggunakan tanaman. Komarawidjaja (2006), mengungkapkan bahwa hasil akhir proses nitrifikasi adalah terbentuknya nitrat. Senyawa N anorganik ini relatif tidak bersifat racun bagi kehidupan ikan dibanding dengan amonia dan nitrit. Sebagai hasil akhir dari proses nitrifikasi seharusnya konsentrasi nitrat menjadi bertambah.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap kandungan nitrat maka dilakukan perhitungan sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Sidik Ragam Nitrat Selama Penelitian

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	0,097307	0,032435788	5,82034*	4,07	7,59
Acak	8	0,044583	0,005572826			
Total	11	0,14189				

Keterangan : * : berbeda nyata

Berdasarkan dari analisis keragaman pada Tabel 9 mengenai kandungan nitrat diperoleh F hitung sebesar 5,82 dimana nilai F hitung lebih besar dari F tabel 5% tetapi lebih kecil dari F tabel 1% yang berarti bahwa perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kandungan nitrat.

Kadar nitrat selama penelitian berkisar antara 1,50 – 1,80 mg/L sehingga masih layak untuk menunjang kelulushidupan dan pertumbuhan ikan. Watson dan Hill (2006), konsentrasi nitrat yang direkomendasikan untuk kegiatan budidaya ikan tidak melebihi 100 mg/L, karena konsentrasi nitrat yang tinggi akan menyebabkan *blooming alga*, dan dari waktu ke waktu dapat menurunkan pH. Menurut Effendi (2004), kadar nitrat nitrogen yang lebih dari 2 mg/L dapat mengakibatkan terjadinya eutrofikasi perairan yang selanjutnya memacu pertumbuhan algae serta tumbuhan air lain menjadi pesat.

Untuk mengetahui pengaruh terkecil dari setiap perlakuan, digunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang dapat dilihat pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Data Hasil uji BNT Nitrat

Perlakuan	Rerata	C	B	A	K	Notasi
		1,5513	1,6343	1,7259	1,7885	
C	1,5513	0,0000				A
B	1,6343	0,0830 ^{ns}	0,0000			ab
A	1,7259	0,1747*	0,0916 ^{ns}	0,0000		B
K	1,7885	0,2372**	0,1542*	0,0625 ^{ns}	0,0000	bc

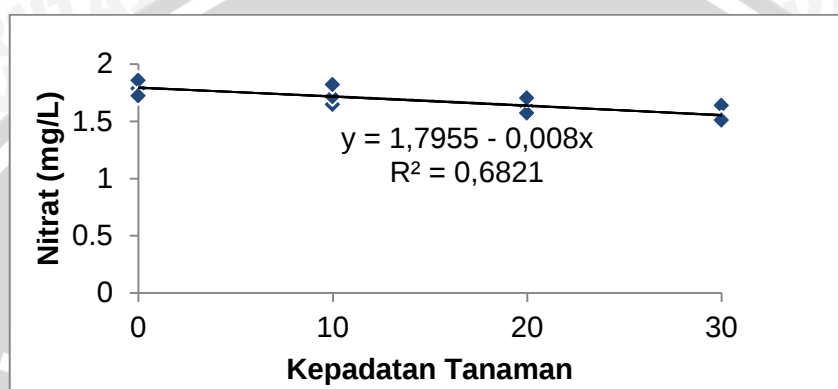
Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

* : berbeda nyata

Berdasarkan hasil uji BNT diketahui bahwa perlakuan K memiliki nilai konsentrasi nitrat yang paling tinggi dan perlakuan C menunjukkan nilai konsentrasi yang paling rendah. Apabila dibandingkan perlakuan K dan C terlihat pengaruh yang berbeda sangat nyata. Namun perlakuan A tidak memberikan pengaruh terhadap perlakuan K. sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan C merupakan perlakuan yang paling baik. Akan tetapi jika dilihat dari hasil rata-rata menunjukkan bahwa nilai konsentrasi semakin menurun sejalan dengan tingginya kepadatan tanaman kangkung. Hal ini dikarenakan adanya penyerapan kadar nitrat yang lebih besar jika kepadatan tanaman lebih tinggi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Apridayanti (2008), yang menyatakan bahwa tanaman air dan fitoplankton lebih mudah menggunakan nitrogen dalam

bentuk nitrat. Jadi kadar nitrat dalam perairan akan dapat dimanfaatkan dengan adanya tanaman yang dapat menyerap nitrat tersebut.

Setelah diketahui hasil BNT, selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal untuk mendapatkan kurva regresi dan mengetahui bagaimana bentuk hubungan antara kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap konsentrasi nitrat seperti yang disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Hubungan Kepadatan Tanaman Kangkung Yang Berbeda Terhadap Konsentrasi Nitrat (mg/L)

Gambar di atas menunjukkan bahwa hubungan antara kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap konsentrasi nitrat membentuk pola linear dengan persamaan $y = 1,7955 - 0,0080x$ dengan $R^2 = 0,6821$. Dari hubungan tersebut dapat dilihat pada perlakuan K tanpa menggunakan tanaman menunjukkan rata-rata konsentrasi nitrat yang tertinggi (1,7885 mg/L) apabila dibandingkan dengan perlakuan lain. Hal ini ditunjukkan dari hasil yang diperoleh pada perlakuan yaitu 1,7259 mg/L, perlakuan B 1,6343 mg/L dan perlakuan C dengan nilai konsentrasi 1,5513 mg/L yang semakin menurun.

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa perlakuan dengan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda mampu memberikan hasil yang nyata dalam mengurangi konsentrasi nitrat. Hal tersebut di atas sesuai dengan pernyataan Tatangindatu *et al.* (2013), bahwa nitrat adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan sumber nutrisi utama bagi pertumbuhan fitoplankton dan

tumbuhan air lainnya. Menurut Izzati (2010), tumbuhan akuatik mengambil nitrogen dalam bentuk amonia maupun nitrat. Jadi sesuai dengan literatur di atas, bahwa tanaman dapat tumbuh dengan mengambil nitrogen terlarut di perairan dalam bentuk nitrat dan amonia. Perhitungan analisa sidik ragam, uji BNT serta polynomial orthogonal secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 5.

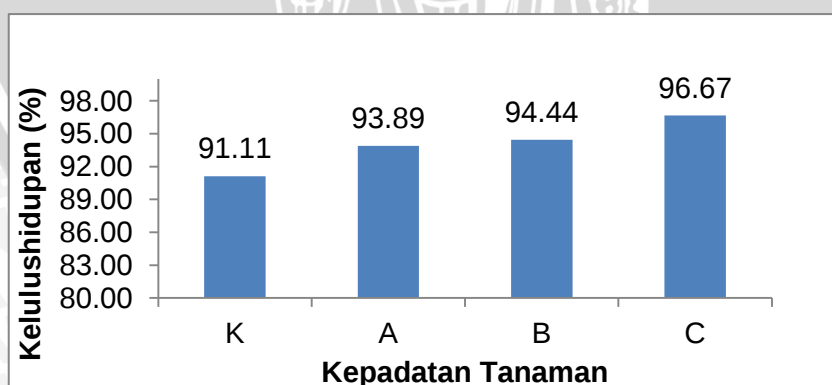
4.1.4 Kelulushidupan

Kelulushidupan pada penelitian dilakukan pengamatan dengan menghitung perbandingan antara jumlah individu yang hidup pada akhir penelitian dengan jumlah individu yang hidup pada awal penelitian. Hasil pengamatan kelulushidupan pada penelitian ini dapat dilihat pada Lampiran 6 sedangkan data kelulushidupan dapat dilihat pada Tabel 12 berikut ini.

Tabel 12. Jumlah Rata - Rata Kelulushidupan Ikan Patin Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	91,67	90,00	91,67	273,33	91,11	$\pm 0,96$
A	90,00	96,67	95,00	281,67	93,89	$\pm 3,47$
B	93,33	96,67	93,33	283,33	94,44	$\pm 1,92$
C	95,00	96,67	98,33	290,00	96,67	$\pm 1,67$
Total				1128,33		

Untuk lebih jelasnya, besaran kelulushidupan dapat dilihat pada diagram batang yang terdapat pada Gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Akuaponik Dengan Kelulushidupan Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

Grafik di atas menunjukkan bahwa rata – rata kelulushidupan tertinggi yaitu pada perlakuan C sebesar 96,67% kemudian perlakuan dengan menggunakan B sebesar 94,44% selanjutnya perlakuan A sebesar 93,89% dan terakhir dengan nilai paling rendah yakni perlakuan K sebesar 91,11%. Tingginya tingkat kelulushidupan ikan patin pada perlakuan C disebabkan karena kualitas air yang lebih baik daripada perlakuan yang lainnya. Arisanti *et al.* (2013), menyatakan kualitas air yang baik pada pemeliharaan memberikan kelulushidupan ikan menjadi baik. Sesuai dengan pernyataan tersebut maka tingginya nilai kelulushidupan pada penelitian ini dikarenakan kualitas air yang masih mendukung kelulushidupan ikan patin.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap kelulushidupan ikan patin maka dilakukan perhitungan sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Sidik Ragam Kelulushidupan Selama Penelitian

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	46,99074	15,66	3,22 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	38,88889	4,86			
Total	11	85,87963				

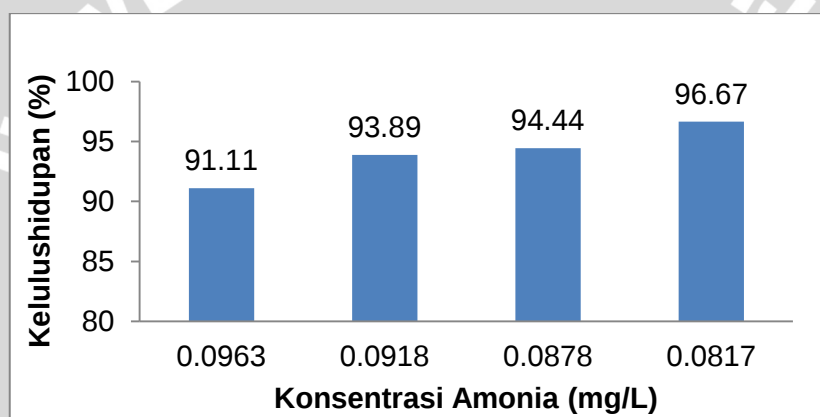
Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

Berdasarkan analisis keragaman pada Tabel 13 mengenai kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) diperoleh F hitung sebesar 3,22 dimana nilai F hitung lebih kecil dari F tabel 5% yang berarti bahwa perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kelulushidupan ikan patin. Kelulushidupan yang tinggi pada penelitian ini dikarenakan kualitas air masih mendukung untuk kelangsungan hidup ikan patin. Kelulushidupan yang mencapai lebih dari 90% mengindikasikan bahwa kualitas air pada unit akuaponik masih dianggap memadai. Menurut Wicaksana *et al.* (2015), biofilter akuaponik menghasilkan kelulushidupan yang lebih tinggi dibandingkan dengan

sistem konvensional hal ini diduga karena sistem resirkulasi dapat mendukung kelulushidupan ikan yang tinggi dan menurunkan kadar amonia selama masa pemeliharaan. Menurut Saptarini (2010), ukuran rata-rata produksi ikan pada media akuaponik sebesar 62,4 gram dengan SR sebesar 81,9%. Hasil perhitungan sidik ragam diperoleh hasil yang tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata sehingga tidak dilanjutkan ke perhitungan uji BNT.

A. Hubungan Amonia Terhadap Kelulushidupan

Untuk lebih jelasnya hubungan konsentrasi amonia terhadap kelulushidupan ikan patin pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.



Gambar 11. Hubungan konsentrasi amonia terhadap kelulushidupan

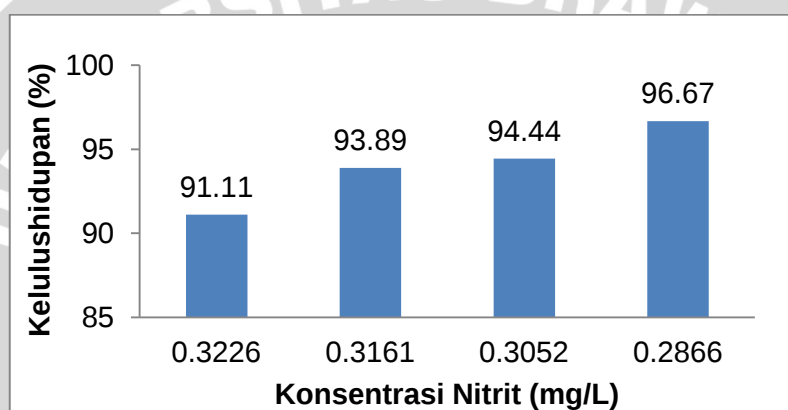
Diagram di atas menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata amonia sebesar 0,0963 mg/L memberikan hasil nilai kelulushidupan sebesar 91,11% sedangkan konsentrasi amonia sebesar 0,0817 mg/L memberikan hasil nilai kelulushidupan sebesar 96,67%. Berdasarkan hal tersebut maka hubungan konsentrasi amonia dengan kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) yaitu bahwa semakin besar nilai konsentrasi amonia maka semakin rendah pula nilai kelulushidupannya.

Kisaran amonia yang dibutuhkan untuk pemeliharaan ikan patin sebesar <0,2 ppm (Sularto *et al.*, 2007). Menurut Setiawati *et al.* (2013), konsentrasi yang tosik untuk ikan berkisar antara 0,4-3,1 ppm. Konsentrasi amonia 0,12 ppm

menyebabkan rendahnya pertumbuhan, kerusakan pada insang, meningkatkan konsumsi oksigen pada jaringan, mengurangi peningkatan oksigen dalam darah dan kematian. Hal tersebut tidak terjadi selama proses pemeliharaan karena konsentrasi amonia selama masa pemeliharaan masih dapat ditoleransi oleh ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*).

B. Hubungan Konsentrasi Nitrit Terhadap Kelulushidupan

Untuk lebih jelasnya hubungan konsentrasi nitrit terhadap kelulushidupan ikan patin pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Hubungan konsentrasi nitrit terhadap kelulushidupan

Diagram di atas menunjukkan bahwa konsentrasi rata-rata nitrit sebesar 0,3226 mg/L memberikan hasil nilai kelulushidupan sebesar 91,11% sedangkan konsentrasi nitrit sebesar 0,2866 mg/L memberikan hasil nilai kelulushidupan sebesar 96,67%. Berdasarkan hal tersebut maka hubungan konsentrasi nitrit dengan kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) yaitu bahwa semakin besar nilai konsentrasi nitrit maka semakin rendah pula nilai kelulushidupannya.

Effendi (2003), menyatakan bahwa di perairan kadar nitrit jarang melebihi 1 mg/l. Wahyuningsih (2015), tingkat toksisitas nitrit untuk ikan adalah 5 mg/L, dan dalam kebanyakan kasus harus tetap di bawah 1 mg/L. Dari hasil pengukuran nitrit pada media pemeliharaan berkisar antara 0,28-0,32 mg/l.

Kadar ini masih termasuk rendah, sehingga tidak membahayakan ikan yang dipelihara selama penelitian, sehingga hasil pengamatan diperoleh nilai kelulushidupan ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) masih cukup baik.

4.2 Parameter Pendukung

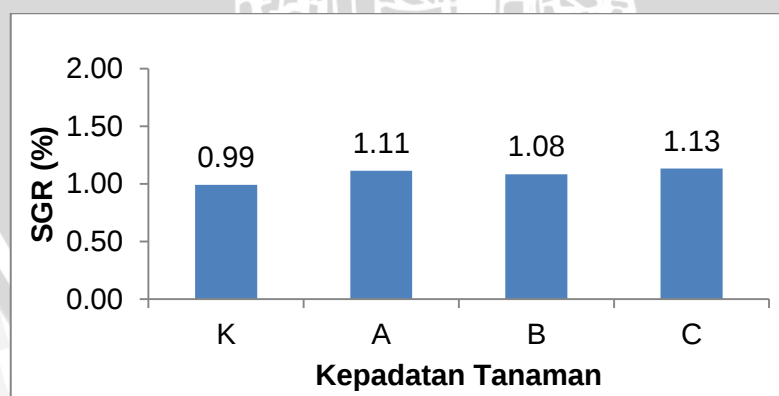
4.2.1 Laju Pertumbuhan Spesifik

Pengamatan laju pertumbuhan spesifik pada saat penelitian dilakukan pada awal sebelum ikan ditebar dan setiap 10 hari sekali sebanyak 3 kali setelah ikan ditebar. Hasil laju pertumbuhan spesifik dapat dilihat pada Lampiran 7, sedangkan data laju pertumbuhan spesifik dapat dilihat pada Tabel 14 berikut ini.

Tabel 14. Jumlah Rata-Rata Laju Pertumbuhan Spesifik Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	1,06	0,90	1,01	2,98	0,99	$\pm 0,083$
A	1,15	1,03	1,16	3,34	1,11	$\pm 0,071$
B	1,07	1,10	1,08	3,25	1,08	$\pm 0,019$
C	1,18	1,19	1,03	3,40	1,13	$\pm 0,091$
Total				12,97		

Untuk lebih jelasnya, nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik selama penelitian dapat dilihat pada diagram batang yang terdapat pada Gambar 13.



Gambar 13. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Akuaponik Dengan Laju Pertumbuhan Spesifik Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

Diagram di atas menunjukkan hasil bahwa rata-rata laju pertumbuhan spesifik tertinggi selama penelitian yaitu perlakuan C dengan nilai sebesar 1,13% kemudian perlakuan B dengan nilai 1,11 %, selanjutnya perlakuan B sebesar

1,08% dan yang terendah adalah perlakuan K dengan tanpa tanaman sebesar 0,99 %. Berdasarkan diagram di atas diperoleh hasil pertumbuhan tertinggi pada perlakuan C dikarenakan kualitas air yang masih lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya. Hal tersebut dapat dilihat dari konsentrasi amonia yang paling rendah adalah perlakuan C. Menurut Zidni *et al.* (2013), budidaya menggunakan sistem akuaponik lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah. Pada tanaman, nitrat berfungsi sebagai nutrisi. Air yang kaya nutrisi dari wadah pemeliharaan disalurkan kepada tanaman, kemudian dimanfaatkan sebagai hara.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda terhadap laju pertumbuhan spesifik maka dilakukan perhitungan sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Spesifik

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	0,035503	0,0118	2,2736 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	0,04164	0,0052			
Total	11	0,077144				

Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

Berdasarkan hasil sidik keragaman pada Tabel 15 mengenai laju pertumbuhan spesifik diperoleh F hitung sebesar 2,27 dimana nilai F hitung lebih kecil dari F tabel 5% yang berarti bahwa perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan spesifik ikan patin.

Hasil yang diperoleh mengenai laju pertumbuhan ikan patin pada penelitian ini masih dikatakan baik, perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap laju pertumbuhan ikan patin. Hal tersebut dikarenakan kualitas air yang diukur selama penelitian masih mendukung untuk pertumbuhan ikan patin. Sesuai dengan pernyataan Putra *et al.* (2011), bahwa pertumbuhan dipengaruhi oleh kualitas dan kuantitas pakan,

umur dan kualitas air pemeliharaan. Hasil perhitungan sidik ragam diperoleh hasil yang tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata sehingga tidak dilanjutkan ke perhitungan uji BNT.

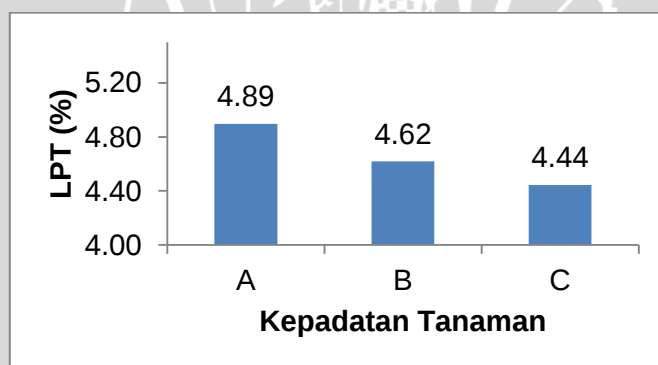
4.2.2 Laju Pertumbuhan Tanaman

Pengamatan laju pertumbuhan tanaman pada saat penelitian dilakukan pada awal dan akhir penelitian. Hasil laju pertumbuhan dapat dilihat pada Lampiran 8, untuk nilai rata-rata laju pertumbuhan tanaman selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 16 berikut ini.

Tabel 16. Jumlah Rata-Rata Laju Pertumbuhan Tanaman Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
A	5,11	4,71	4,86	14,68	4,89	$\pm 0,202$
B	4,56	4,62	4,68	13,86	4,62	$\pm 0,060$
C	4,42	4,36	4,55	13,33	4,44	$\pm 0,097$
Total				41,87		

Untuk lebih jelasnya, nilai rata-rata laju pertumbuhan tanaman selama penelitian dapat dilihat pada diagram batang yang terdapat pada Gambar 14.



Gambar 14. Laju Pertumbuhan Tanaman Kangkung

Berdasarkan diagram di atas diperoleh hasil laju pertumbuhan rata-rata tanaman kangkung tertinggi adalah perlakuan A yaitu menggunakan 10 rumpun batang tanaman kangkung dengan nilai sebesar 4,89%. Hal tersebut dikarenakan lebih kecilnya persaingan untuk mendapatkan unsur hara diantaranya amonia dan nitrat dibandingkan dengan perlakuan B dan C yang menggunakan lebih banyak tanaman.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda terhadap laju pertumbuhan tanaman maka dilakukan perhitungan sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Sidik Ragam Laju Pertumbuhan Tanaman

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	2	0,308	0,154211	8,58*	5,14	10,92
Acak	6	0,108	0,017956			
Total	8	0,416				

Keterangan : * : berbeda nyata

Berdasarkan analisis keragaman pada Tabel 17 mengenai laju pertumbuhan tanaman kangkung diperoleh F hitung sebesar 8,58 dimana nilai F hitung lebih besar dari F tabel 5% tetapi lebih kecil dari F tabel 1% yang berarti bahwa perlakuan kepadatan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap laju pertumbuhan tanaman.

Untuk mengetahui pengaruh terkecil dari setiap perlakuan, digunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) yang dapat dilihat pada Tabel 18 berikut.

Tabel 18. Data Hasil uji BNT Laju Pertumbuhan Tanaman

Perlakuan		C	B	A	Notasi
		4,44	4,62	4,89	
C	4,44	0,00			a
B	4,62	0,18 ^{ns}	0,00		a
A	4,89	0,45**	0,27*	0,00	b

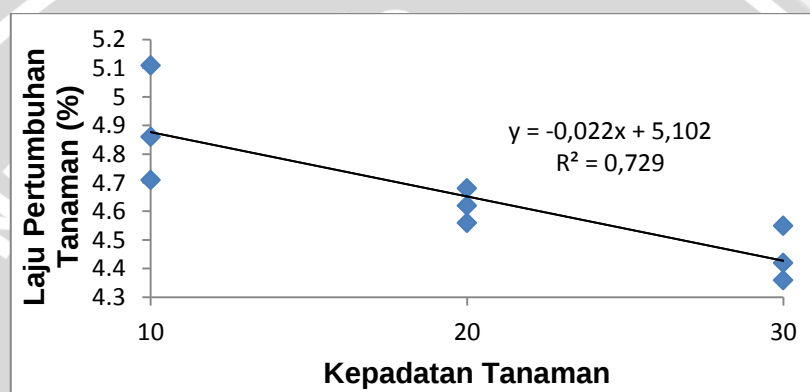
Keterangan : ^{ns} : tidak berbeda nyata * : berbeda nyata

** : berbeda sangat nyata

Berdasarkan hasil uji BNT diketahui bahwa perlakuan A memiliki nilai laju pertumbuhan tanaman (LPT) yang paling tinggi dan perlakuan C menunjukkan nilai konsentrasi yang paling rendah. Apabila dibandingkan perlakuan A dan C terlihat pengaruh yang berbeda sangat nyata. Namun perlakuan B tidak memberikan pengaruh terhadap perlakuan C. sehingga dapat dikatakan bahwa perlakuan A merupakan perlakuan yang paling baik untuk laju pertumbuhan tanaman. Jika dilihat dari hasil rata-rata menunjukkan bahwa nilai laju

pertumbuhan semakin menurun sejalan dengan tingginya kepadatan tanaman kangkung. Hal ini dikarenakan adanya persaingan dalam proses penyerapan nutrisi yang lebih besar jika kepadatan tanaman lebih tinggi.

Setelah diketahui hasil BNT, selanjutnya dilakukan perhitungan polynomial orthogonal untuk mendapatkan kurva regresi dan mengetahui bagaimana bentuk hubungan antara kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap laju pertumbuhan tanaman seperti pada Gambar 15 berikut.



Gambar 15. Hubungan Kepadatan Tanaman Kangkung Yang Berbeda Terhadap Laju Pertumbuhan Tanaman

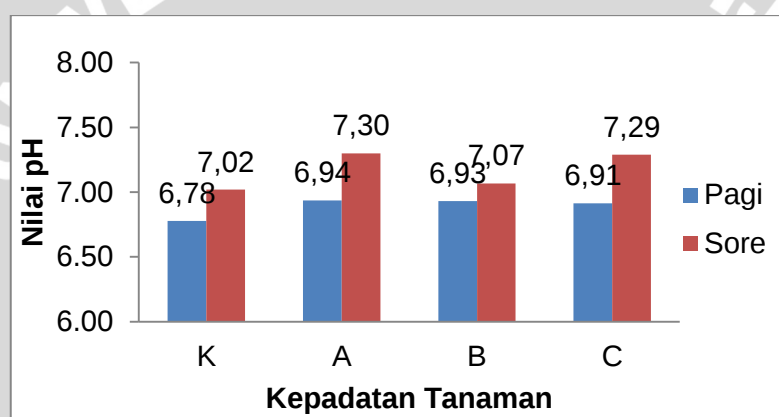
Berdasarkan gambar di atas didapatkan hasil bahwa hubungan antara kepadatan tanaman kangkung yang berbeda terhadap laju pertumbuhan tanaman membentuk pola linear dengan persamaan $y = 5,102 - 0,022x$ dengan $R^2=0,729$. Dari hubungan tersebut dapat dilihat pada perlakuan A dengan menggunakan tanaman sebanyak 10 rumpun menunjukkan rata-rata laju pertumbuhan tanaman tertinggi sebesar (4,89%). Hal ini ditunjukkan dari hasil yang diperoleh pada perlakuan A yaitu 4,89%, perlakuan B 4,62% dan perlakuan C dengan nilai 4,44% yang semakin menurun.

Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa perlakuan dengan kepadatan tanaman kangkung yang berbeda mampu memberikan hasil yang nyata terhadap laju pertumbuhan tanaman. Menurut Nugroho *et al.* (2012), dalam sistem akuaponik, efektifitas sistem juga diindikasikan dengan keberhasilan

pertumbuhan tanaman air. Sistem ini memungkinkan tanaman tumbuh dengan memanfaatkan unsur-unsur limbah budidaya ikan yaitu ammonia yang berasal dari sisa pakan yang tidak tercerna dan sisa metabolisme ikan. Perhitungan analisa sidik ragam, uji BNT serta polynomial orthogonal secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran 5.

4.2.3 Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) yang diamati pada saat penelitian selama 30 hari dilakukan pada pagi dan sore hari. Hasil pengamatan pH dapat dilihat pada Lampiran 9 dan diagram dapat dilihat pada Gambar 16 berikut ini.



Gambar 16. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Dengan Konsentrasi Derajat Keasaman (pH)

Grafik di atas menunjukkan bahwa rata-rata pH berkisar antara 6,7 – 7,3. Rata – rata pH pada pagi hari yang tertinggi yaitu perlakuan A diikuti dengan perlakuan B, C dan yang terendah K. Rata –rata pH pada sore hari yang tertinggi yaitu perlakuan A diikuti oleh perlakuan C , B dan yang terendah adalah perlakuan K. Nilai rata – rata pH pada penelitian ini masih dalam kisaran yang baik bagi kelulushidupan dan pertumbuhan ikan.

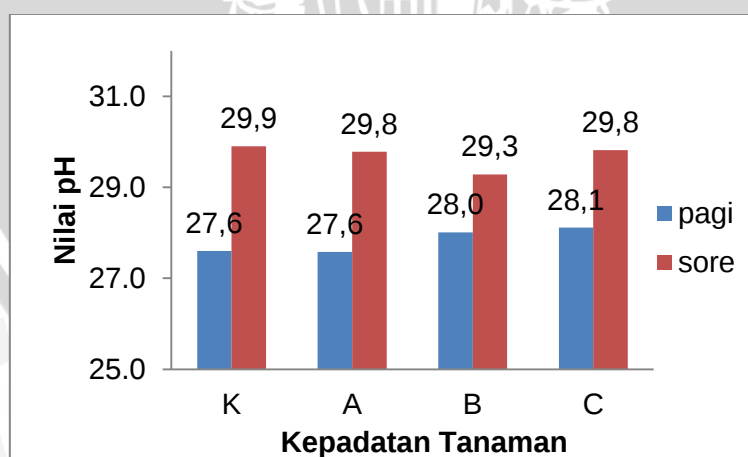
Nilai pH selama penelitian berkisar antara 6,7 – 7,3 sehingga masih layak untuk menunjang pertumbuhan ikan serta masih mendukung untuk terjadinya proses nitrifikasi. Sistem akuaponik tidak dapat terlepas dari proses nitrifikasi, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Savidov (2005), bahwa nitrifikasi adalah

proses penting dalam budidaya karena mengurangi tingkat amonium, yang merupakan penyebab utama keracunan untuk ikan budidaya. Efisiensi nitrifikasi lebih tinggi pada kondisi basa, pH 7,5 - 8,0, yang merupakan pH yang relatif tinggi di sebagian besar budidaya.

Namun menurut Somerville *et al.* (2014), pH air memiliki dampak yang besar pada semua aspek akuaponik, terutama tanaman dan bakteri. Untuk tanaman, pH mengontrol akses tanaman ke mikro dan makronutrien. Pada pH 6,0-6,5 nutrisi tersedia, tetapi di luar kisaran ini nutrisi menjadi sulit bagi tanaman untuk diakses. Bahkan, pH 7,5 dapat menyebabkan kekurangan gizi besi, fosfor dan mangan. Ikan memiliki rentang toleransi khusus untuk pH juga, tetapi kebanyakan ikan yang digunakan dalam aquaponik memiliki batas toleransi pH 6,0-8,5. Namun, pH mempengaruhi toksisitas amonia untuk ikan, dengan pH yang lebih tinggi maka mengarah ke toksisitas yang lebih tinggi.

4.2.4 Suhu

Suhu yang diamati pada saat penelitian selama 30 hari dilakukan pada pagi dan sore hari. Hasil pengamatan suhu dapat dilihat pada Lampiran 9 dan diagram dapat dilihat pada Gambar 17 berikut ini.



Gambar 17. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Dengan Konsentrasi Suhu

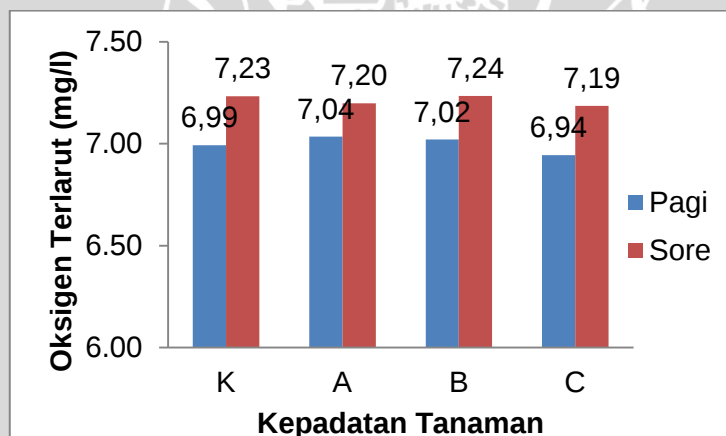
Grafik di atas menunjukkan bahwa rata-rata suhu berkisar antara 27 – 30°C. Rata – rata suhu pada pagi hari yang tertinggi yaitu perlakuan C diikuti

dengan perlakuan B dan yang terendah K dan A. Rata –rata suhu pada sore hari yang tertinggi yaitu perlakuan K diikuti oleh perlakuan A , C dan yang terendah adalah perlakuan B. Nilai rata – rata suhu pada penelitian ini masih dalam kisaran yang baik bagi kelulushidupan dan pertumbuhan ikan.

Nilai rata-rata suhu pada saat penelitian berkisar antara 27 - 30°C sehingga masih mendukung untuk pertumbuhan ikan. Suhu air selama penelitian masih di dalam kisaran optimal, hal tersebut sesuai dengan pernyataan Setiawati *et al.* (2013), suhu yang optimal untuk pemeliharaan patin yaitu 28 - 32°C. Lukistyowati (2012), menyatakan bahwa kisaran suhu untuk kegiatan pembesaran di kolam ikan patin adalah 25 - 30°C

4.2.5 Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut yang diamati pada saat penelitian selama 30 hari dilakukan pada pagi dan sore hari. Hasil pengamatan suhu dapat dilihat pada Lampiran 9 dan diagram dapat dilihat pada Gambar 18 berikut ini.

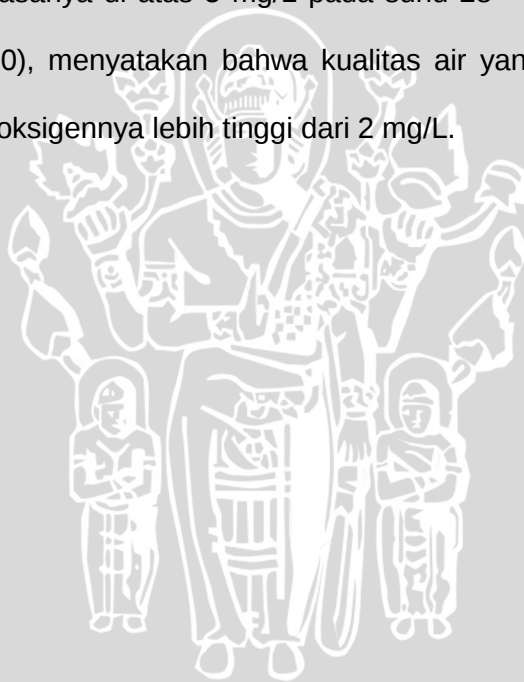


Gambar 18. Hubungan Antara Kepadatan Tanaman Dengan Konsentrasi Oksigen Terlarut

Grafik di atas menunjukkan bahwa rata-rata oksigen terlarut berkisar antara 6,5 – 7,5 mg/L. Rata – rata oksigen terlarut pada pagi hari yang tertinggi yaitu perlakuan A diikuti dengan perlakuan B, K dan yang terendah C. Rata –rata suhu pada sore hari yang tertinggi yaitu perlakuan B diikuti oleh perlakuan K , A dan yang terendah adalah perlakuan C. Nilai rata – rata oksigen terlarut pada

penelitian ini masih dalam kisaran yang baik bagi kelulushidupan dan pertumbuhan ikan.

Kisaran kandungan oksigen terlarut selama penelitian dilakukan yaitu berkisar antara 6 – 7,5 mg/L. Nilai tersebut cukup optimal bagi pertumbuhan ikan patin. Kisaran oksigen terlarut yang cukup tinggi dikarenakan adanya proses resirkulasi pada unit akuaponik serta adanya penambahan sistem aerasi. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Slembrouck *et al.* (2005), bahwa oksigen dikonsumsi oleh ikan, oleh bakteri di dalam filter biologis dan oleh penguraian produk sisa organik. Penting untuk menjaga konsentrasi oksigen terlarut pada tingkat yang cukup, biasanya di atas 5 mg/L pada suhu 28 – 30°C. Sedangkan Andriyanto *et al.* (2010), menyatakan bahwa kualitas air yang baik untuk ikan adalah air yang kadar oksigennya lebih tinggi dari 2 mg/L.



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh kesimpulan diantaranya adalah:

- Penggunaan tanaman kangkung dengan kepadatan yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap konsentrasi amonia dengan hasil terbaik perlakuan C sebesar 0,0817 mg/L dengan nilai persamaan $y = 0,0966 - 0,00048x$, konsentrasi nitrat dan laju pertumbuhan tanaman pada budidaya ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*) sistem akuaponik tetapi tidak memberikan pengaruh berbeda terhadap konsentrasi nitrit, nilai kelulushidupan dan laju pertumbuhan spesifik ikan patin (*Pangasius hypophthalmus*).
- Hasil pengukuran kualitas air penunjang selama penelitian diperoleh pH berkisar antara 6,7 - 7,4, suhu berkisar antara 20 -30°C, kandungan oksigen terlarut berkisar antara 6,8 – 7,2 mg/L.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disarankan dalam penggunaan kepadatan 30 rumpun tanaman kangkung untuk memperbaiki kualitas air. selain itu diperlukan penelitian lanjutan untuk menambahkan jumlah tanaman yang digunakan, penggunaan jenis tanaman yang berbeda dalam sistem akuaponik. Selain itu disarankan untuk melakukan penelitian dengan penambahan probiotik terhadap tanaman maupun ikan budidaya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agung, T. D. H dan Y. R. Ahidayat. 2004. Analisis Efisiensi Serapan N, Pertumbuhan, dan Hasil Beberapa Kultivar Kedelai Unggul Baru dengan Cekaman Kekeringan dan Pemberian Pupuk Hayati. *Agrosains*. 6(2): 70-74
- Akbariwati, I. 2015. Karakteristik Fisik, Kimia dan Fungsional Fillet Ikan Wader (*Rasbora jacobsoni*), Bader (*Puntius javanicus*) dan Patin (*Pangasius hypophthalmus*) Akibat dari Perbedaan Teknik Preparasi. Skripsi. Universitas Jember.
- Alfianingsi, A. A. 2011. Kualitas Karaginan Rumput Laut Jenis *Eucheuma Spinosum* Di Perairan Desa Punaga Kabupaten Takalar. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Andriyanto, S., Nurbakti, L. dan R. Riani. 2010. Pengaruh Pemberian Probiotik dengan Dosis yang Berbeda Terhadap Sintasan dan Pertumbuhan Benih Patin Jambal (*Pangasius djambal*). *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. Vol 4 (2) : 117 - 124
- Anggreini, N. M dan N. Abdulgani. 2013. Pengaruh Pemberian Pakan Alami dan Pakan Buatan Terhadap Pertumbuhan Ikan Betutu (*Oxyeleotris marmorata*) pada Skala Laboratorium. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. Vol 2(1) : 197-201
- Apridayanti, E. 2008. Evaluasi Pengelolaan Lingkungan Perairan Waduk Lahor Kabupaten Malang Jawa Timur. Tesis. Universitas Diponegoro. Semarang. 95 hlm
- Arisanti, F. D., Endang, A. dan E. Tita. 2013. Pengaruh Kepadatan Yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan Dan Pertumbuhan Ikan Mas (*Cyprinus Carpio*) Pada Sistem Resirkulasi Dengan Filter Arang. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. Vol 2(4) : 139 -144
- Armita, D. 2011. Analisis Perbandingan Kualitas Air Di Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, Di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar Hadinafta. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makasar
- Boyd, C. E. 1977. Water Quality and Warmwater Fish Ponds. Agricultural Experiment Station. Auburn University. 277 hlm
- Buzby, K. M dan L. L. Shin. 2014. Scaling aquaponic systems: Balancing plant uptake with fish output. *Aquacultural Engineering*. Vol 63 : 39–44
- Dauhan, R. E. S., Efendi, E. dan Suparmono. 2014. Efektifitas Sistem Akuaponik Dalam Mereduksi Konsentrasi Amonia Pada Sistem Budidaya Ikan. *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. 3 (1) : 297 – 302
- Effendi, I. 2004. Pengantar Akuakultur. Jakarta: Penebar Swadaya. 87 hlm.

- Effendi, I., Bugri, H. J dan Widanarni. 2006. Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Kelangsungan Hidup dan Pertumbuhan Benih Ikan Gurami *Ospbronemus gouramy* Lac. Jurnal Akuakultur Indonesia. Vol 5(2):127-135
- Endut, A., Jusoh A., Ali N dan W. B Wan Nik. 2010. Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. *Desalination and Water Treatment*. Vol 32(11) : 422-430
- Fadil, M. S., Syaifullah, I. J. Zakaria, 2011. Kajian Beberapa Aspek Fisika Kimia Air dan Aspek Fisiologis Ikan yang Ditemukan Pada Aliran Buangan Pabrik Karet Di Sungai Batang Arau. Tesis pasca sarjana Biologi Universitas Andalas Padang.
- Gusrina. 2008. Budidaya Ikan Jilid I. Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan. Jakarta. 168 hlm
- Haetami, K., Junianto dan A. Yuli. 2005. Tingkat Penggunaan Gulma Air *Azolla pinnata* Dalam Ransum Terhadap Pertumbuhan dan Konversi Pakan Ikan Bawal Air Tawar. Diakses dari <http://pustaka.unpad.ac.id> pada 8 Februari 2016
- Hamid, M. A., Wahyu, B. W., Rangga, W., Reni, A. L. dan F. Atomu. 2009. Analysis of Effective Broodstock Management and Breeding of Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) in BBAT Jambi. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. Vol 8(1): 29-35
- Hariani, F., Mulyadi dan P. Iskandar. 2013. Growth and Survival Rate Of Silais (*Ompok hypophthalmus*) On Aquaponic System With Various Mustard Density. *Lecturer of Faculty of Fisheries and Marine Science University of Riau*. Vol 6(2) : 6-13
- Herlambang, A dan R. Marsidi. 2003. Proses Denitrifikasi Dengan Sistem Biofilter Untuk Pengolahan Air Limbah Yang Mengandung Nitrat. *Jurnal Teknik Lingkungan*. Vol 4(1) : 46-55
- Hermawan, D. 2015. Aplikasi Teknologi Aquaponik Pada Sistem Pemeliharaan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*) Bersalinitas Rendah Dengan Tanaman Selada Pada Padat Tebar Berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 4 (1) : 78-85
- Ismaniar, W. Y. 2014. Pengaruh Komposisi Tanaman Yang Berbeda Dalam Budidaya Sistem Akuaponik Terhadap Kualitas Air dan Kelulushidupan Ikan Patin (*Pangasius* sp). Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang
- Izzati, M. 2010. Efektifitas *Sargassum Plagyophullum* dan *Gracilaria Verrucosa* dalam Menurunkan Kandungan Amonia, Nitrit dan Nitrat dalam Air Tambak. Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang. Vol 13 (2) :80-84
- Komarawidjaja, W. 2006. Pengaruh Perbedaan Dosis Oksigen Terlarut (Do) Pada Degradasi Amonium Kolam Kajian Budidaya Udang. *Jurnal Hidrosfir*. Vol. 1(1) : 32-37

- Kordi, G. 2009. Budidaya Perairan. PT Citra Aditya Bakti : Bandung. 210 hlm.
- Kurniawan, A. 2013. Akuaponik : Sederhana Berhasil Ganda. UBB Press. Bangka Belitung. 74 hlm
- Lukistiyowati, I. 2012. Studi Efektifitas Sambiloto (*Andrographis Paniculata* Nees) Untuk Mencegah Penyakit *Edwardsiellosis* Pada Ikan Patin (*Pangasius Hypophthalmus*). *Berkala Perikanan Terubuk*. Vol 40 (2) : 56 - 74
- Mahyuddin, K. 2010. Panduan Lengkap Agribisnis Patin. Penebar Swadaya. Yogyakarta. 212 hlm
- Maryunis., Efendi, E. dan R. Diantari. 2013. *Rate Of Phosphate Absorption In Aquaponic System*. Seminar Nasional Sains & Teknologi V Lembaga Penelitian Universitas Lampung. 11 hlm
- Monalisa, S. S., dan M. Infa. 2010. Kualitas Air yang Mempengaruhi Pertumbuhan Ikan Nila (*Oreochromis* sp.) di Kolam Beton dan Terpal. *Journal of Tropical Fisheries*. 5(2): 526 – 530
- Mulyadi., Usman, T. dan S. Y. Elda. 2014. Sistem Resirkulasi dengan Menggunakan Filter yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Akuakultur Rawa Indonesia*. Vol 2(2) :117-124
- Muslim. M., Hotly, P. dan H. Widjajanti. 2009. Pengguaan Ekstrak Bawang Putih (*Allium sativum*) Untuk Mengobati Benih Ikan Patin Siam (*Pangasius hypophthalmus*) yang Diinfeksi Bakteri *Aeromonas hydrophylla*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. Vol 8 (1) : 91-100
- Nugroho, R. A., Lilik, T. P., Diana, C. dan H. C. H. Alfabetian. 2012. Aplikasi Teknologi Aquaponic Pada Budidaya Ikan Air Tawar Untuk Optimalisasi Kapasitas Produksi. *Jurnal Saintek Perikanan* Vol. 8(1) : 46 - 51
- Nurjanah, A., Abdullah dan S. Sudirman. 2014. Aktivitas Antioksidan dan Komponen Bioaktif Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk.). *Jurnal Inovasi dan Kewirausahaan*. Vol 3(1) : 68-75
- Putri, F. S., Zahidah dan H. Kiki. 2012. Pengaruh Pemberian Bakteri Probiotik Pada Pelet yang Mengandung Kaliandra (*Calliandrachalothyrsus*) Terhadap Pertumbuhan Benih Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*). *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol 3(4) : 283 - 291
- Putra, I., Djoko, S. dan D. Wahyuningrum. 2011. Pertumbuhan Dan Kelangsungan Hidup Ikan Nila *Oreochromis Niloticus* Dalam Sistem Resirkulasi. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*. Vol 16(1): 56-63
- Samsundari, S dan G. A. Wirawan. 2013. Analisis Penerapan Biofilter Dalam Sistem Resirkulasi Terhadap Mutu Kualitas Air Budidaya Ikan Sidat (*Anguilla Bicolor*). *Jurnal Gamma*. Vol 8(2) : 86-97
- Saparinto, C dan R. Susiani. 2014. Panduan Lengkap Budidaya Ikan dan Sayuran Dengan Sistem Akuaponik. Lily Publisher. Yogyakarta.

- Saptarini, P. 2010. Efektivitas Teknologi Akuaponik Dengan Kangkung Darat (*Ipomoea Reptans*) Terhadap Penurunan Amonia Pada Pembesaran Ikan Mas. Skripsi. IPB. Bogor
- Satyani, D., Meilisza, N. dan L. Solichah. 2010. Gambaran Pertumbuhan Panjang Benih Ikan Botia (*Chromobotia macracanthus*) Hasil Budidaya Pada Pemeliharaan dalam Sistem Hapa dengan Padat Penebaran 5 Ekor Per Liter. *Prosiding Forum Inovasi Teknologi Akuakultur*. hlm 395-402
- Savidov, N. 2005. Evaluation of Aquaponics Technology in Alberta, Canada. *Aquaponics Journal*. Vol 20(2) : 20 – 27
- Setiawati, J., Tarsim, E., Adiputra, Y. T. dan H. Siti. 2013. Pengaruh Penambahan Probiotik Pada Pakan Dengan Dosis Berbeda Terhadap Pertumbuhan, Kelulushidupan, Efisiensi Pakan Dan Retensi Protein Ikan Patin (*Pangasius Hypophthalmus*). *Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan*. Vol. 1(2) : 151 - 162
- Setijaningsih, L dan L. H. Suryaningrum. 2015. Pemanfaatan Limbah Budidaya Ikan Lele (*Clarias batrachus*) Untuk Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Sistem Resirkulasi. *Berita Biologi*. Vol 14(3) : 287-293
- Simanjuntak, M. 2007. Oksigen Terlarut dan Apparent Oxygen Utilization di Perairan Teluk Klabat, Pulau Bangka. *Ilmu Kelautan*. Vol 12(2) : 59-66
- Siregar, H. R., Sumono., Saipul, B. D. dan S. Edi. 2013. Efisiensi Saluran Pembawa Air dan Kualitas Penyaringan Air dengan Tanaman Mentimun dan Kangkung pada Budidaya Ikan Gurami Berbasis Teknologi Akuaponik. *Jurnal Rekayasa Pangan dan Pertanian*. Vol 3 (3) : 60-66
- Slembrouck, J., Oman, K., Maskur, dan L. Marc. 2005. Petunjuk Teknis Pembenihan Ikan Patin Indonesia, *Pangasius djambal*. BRPBAT. Jakarta. 155 hlm
- SNI, 1990. Metode Pengujian Kadar Amonium Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara Nessler
- Somerville, C. 2014. Small-scale aquaponic food production. FAO. 288 hlm
- Subarijanti, H. U. 1990. Diktat Tanaman Air. Universitas Brawijaya. Malang. 56 hlm
- Sudirman, S. 2011. Aktivitas Antioksidan dan Komponen Bioaktif Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forsk.). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Suhud, I., Tiwow, V. M. A dan B. Hamzah. 2012. Adsorpsi Ion Kadmium (II) dari Larutannya Menggunakan Biomassa Akar dan Batang Kangkung Air (*Ipomoea aquatica* Forks). *Jurnal Akademika Kimia*. Vol 1(4) : 153-158
- Sularto, R., Hafsaridewi dan E. Tahapari. 2007. Petunjuk Teknis Pembenihan Ikan Pasupati. LRPT-BPAT Sukamandi. Jawa Barat. 23 hlm

- Tatangindatu, F., Ockstan, K. dan R. Robert. 2013. Studi Parameter Fisika Kimia Air pada Areal Budidaya Ikan di Danau Tondano, Desa Paleloan, Kabupaten Minahasa. *Budidaya Perairan*. Vol 1(2) : 8 - 19
- Taufik, I. 2010. Uji Multi Lokasi Budidaya Ikan Nila dengan Sistem Akuaponik. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar. Bogor. Diakses dari <http://km.ristek.go.id> pada 13 Februari 2016
- Ulfa, W. N. 2009. Pengolahan Air Limbah Kantin Secara Biologi : Suatu Kajian Terhadap Efektivitas Penggunaan *Bacillus* Sp. dan Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Vaillant, N., Monnet, F., Sallanon, H., Coudret, A. dan A. Hitmi. 2004. Use of commercial plant species in a hydroponic system to treat domestic wastewaters. *J. Environ. Qual.* 33:695–702.
- Wahyuningsih, S. 2015. Pengolahan Limbah Nitrogen dari Kegiatan Budidaya Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) Pada Sistem Akuaponik. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Watson, C. A dan J. E. Hill. 2006. Design criteria for recirculating, marine ornamental production systems. *Aquacultural Engineering*. 34:157-162.
- Wicaksana, S. N., Sri, H. dan A. Endang. 2015. Performa Produksi Ikan Lele Dumbo (*Clarias Gariepinus*) Yang Dipelihara Dengan Sistem Biofilter Akuaponik Dan Konvensional. *Journal of Aquaculture Management and Technology*. Vol 4(4) : 109 - 116
- Yuliartati, E. 2011. Tingkat Serangan Ektoparasit pada Ikan Patin (*Pangasius djambal*) pada Beberapa Pembudidaya Ikan di Kota Makassar. Skripsi. Universitas Hasanuddin. Makassar
- Yuliasuti, E. 2011. Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar Dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. Tesis. Universitas Diponegoro Semarang. 127 hlm
- Yuniasari, D. 2009. Pengaruh Pemberian Bakteri Nitrifikasi Dan Denitrifikasi Serta Molase Dengan C/N Rasio Berbeda Terhadap Profil Kualitas Air, Kelangsungan Hidup, Dan Pertumbuhan Udang Vaname (*Litopenaeus vannamei*). Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Zidni, I., Titin, H. dan E. Liviawaty. 2013. Pengaruh Padat Tebar Terhadap Pertumbuhan Benih Lele Sangkuriang (*Clarias gariepinus*) dalam Sistem Akuaponik. *Jurnal Perikanan Kelautan*. Vol 4(4) : 315-324

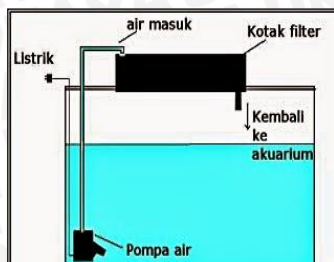
Lampiran 1. Alat dan Bahan Penelitian

No	Nama Alat	Gambar	No	Nama Alat	Gambar
1	Aerator Set		12	Gelas ukur 100 mL	
2	Thermometer		13	Heater akuarium	
3	Jangka Sorong		14	Cawan porselen	
5	DO meter		15	Spektrofotometer	
6	pH meter		16	Timbangan digital 10 ⁻²	
7	nampan		17	Gelas ukur	

8	NH ₄ OH		18	Asam Fenol disulfonik	
9	Nessler		19	Sulfanilamide	
10	NED		20	Tanaman Kangkung	
11	Aquades		21	Kertas Label	

Lampiran 2. Dokumentasi Tahap Penelitian

- Persiapan Penelitian



Konsep Akuaponik



Pemasangan Unit Sistem



Penanaman Tanaman

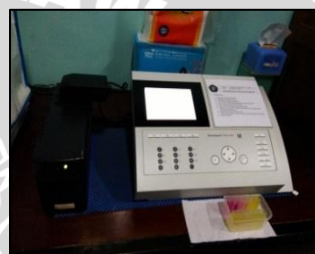
- Proses Pemeliharaan dan Pengamatan Kualitas Air



Pengukuran Kualitas Air



Pemeliharaan



Hasil Spektrofotometer

- Proses Pengamatan Akhir



Pengukuran Panjang



Pengambilan Hasil



Pemanenan

Lampiran 3. Data Nilai Amonia (mg/L) Selama Penelitian

	H1	H-10	H-20	H-30	Rerata
K1	0,0320	0,0561	0,1285	0,1527	0,0923
K2	0,0259	0,0682	0,1406	0,1708	0,1014
K3	0,0078	0,0863	0,1285	0,1587	0,0953
A1	0,0018	0,0742	0,1406	0,1587	0,0938
A2	0,0259	0,0803	0,1104	0,1466	0,0908
A3	0,0441	0,0682	0,0984	0,1527	0,0908
B1	0,0078	0,0742	0,0984	0,1587	0,0848
B2	0,0320	0,0622	0,0863	0,1587	0,0848
B3	0,0259	0,0742	0,1225	0,1527	0,0938
C1	0,0018	0,0622	0,1044	0,1587	0,0818
C2	0,0441	0,0682	0,1104	0,1346	0,0893
C3	0,0078	0,0742	0,0863	0,1285	0,0742

Data Jumlah Rata- Rata Pengamatan Amonia Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	0,0923	0,1013	0,0953	0,2890	0,0963	$\pm 0,0046$
A	0,0938	0,0908	0,0908	0,2754	0,0918	$\pm 0,0017$
B	0,0847	0,0847	0,0938	0,2634	0,0878	$\pm 0,0052$
C	0,0817	0,0893	0,0742	0,2453	0,0817	$\pm 0,0075$
Total				1,0732		

Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Amonia
N		12
Normal Parameters ^a	Mean	,089392
	Std. Deviation	,0071477
Most Extreme Differences	Absolute	,162
	Positive	,121
	Negative	-,162
Kolmogorov-Smirnov Z		,560
Asymp. Sig. (2-tailed)		,913

a. Test distribution is Normal,

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{1,0732^2}{3 \times 4} = 0,09599$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Total} &= (K_1)^2 + (K_2)^2 + (K_3)^2 + (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2 + \dots + (C_3)^2 - FK \\
 &= (0,0923)^2 + (0,1013)^2 + (0,0953)^2 + (0,0938)^2 + (0,0908)^2 + \\
 &\quad (0,0908)^2 + \dots + (0,0742)^2 - 0,09599 \\
 &= 0,00056
 \end{aligned}$$

Lampiran 3 (lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum A)^2 + (\sum B)^2 + (\sum C)^2 + (\sum D)^2}{3} - \text{FK} \\ &= \frac{(0,0963)^2 + (0,0918)^2 + (0,0878)^2 + (0,0817)^2}{3} - 0,09599 \\ &= 0,00035 \end{aligned}$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 0,00056 - 0,00035 = 0,00022$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (t) \cdot (r) - 1 = (4) \cdot (3) - 1 = 11$$

$$\text{db Perlakuan} = (t) - 1 = (4) - 1 = 3$$

$$\text{db Acak} = \text{db Total} - \text{db Perlakuan} = 11 - 3 = 8$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{db Perlakuan}} = \frac{0,00035}{3} = 0,000115008$$

$$\text{KT Acak} = \frac{\text{JK Acak}}{\text{db acak}} = \frac{0,00022}{8} = 2,71239\text{E-}05$$

Analisa Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,000345	0,000115008	4,24009*	4,07	7,59
Acak	8	0,000217	2,71239E-05			
Total	11	0,000562				

Keterangan * : berbeda nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Acak}} = \frac{0,000115008}{2,71239\text{E-}05} = 4,24009$$

Karena didapatkan hasil nilai F Hitung yang lebih besar dari F tabel 5% tetapi lebih kecil dari F tabel 1% maka dilanjutkan ke Uji Beda Nyata Terkecil (BNT),

Menghitung Nilai BNT

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 (2,71239\text{E-}05)}{3}} = 0,00425$$

$$\text{BNT 5\%} = t \text{ tabel 5\% (db acak)} \times \text{SED} = 2,306 \times 0,00425 = 0,0098$$

$$\text{BNT 1\%} = t \text{ tabel 1\% (db acak)} \times \text{SED} = 3,355 \times 0,00425 = 0,0143$$

Perlakuan	Rerata	K	A	B	C	Notasi
		0,0964	0,0918	0,0878	0,0818	
K	0,0964	0,0000				a
A	0,0918	0,0045 ^{ns}	0,0000			ab
B	0,0878	0,0085 ^{ns}	0,0040 ^{ns}	0,0000		ab
C	0,0818	0,0146**	0,0101*	0,0060 ^{ns}	0,0000	b

Keterangan : ns: Tidak berbeda nyata ** :Berbeda sangat nyata

* : Berbeda nyata

Lampiran 3 (lanjutan)

Perhitungan Uji Polinomial Orthogonal

Perlakuan	Total	Perbandingan (Ci)		
		Linier	Kuadratik	Kubik
K	0,2891	-3	1	-1
A	0,2755	-1	-1	3
B	0,2634	1	-1	-3
C	0,2453	3	1	1
Q= $\sum C_i T_i$		-0,143325062	-0,004526055	-0,007543424
K μ = ($\sum C_i^2$)* μ		60	12	60
JK regresi= Q ² /K μ		0,000342368	1,7071E-06	9,48388E-07

Analisis Sidik Ragam Regresi

Sumber Ragam	Db	JK	KT	FH	F5%	F1%
Perlakuan	3	0,000345				
Linear	1	0,000342	0,0003423	12,6224**	4,07	7,59
Kuadratik	1	0,000001	0,0000017	0,0629		
Kubik	1	0,0000009	0,0000009	0,0350		
Acak	8	0,000216	0,0000271			
Total	11	0,000562				

Keterangan **: berbeda sangat nyata

Menghitung R Square (R²)

$$R^2 \text{ Linear} = \frac{\text{JK Regresi Linier}}{\text{JK Regresi Linier} + \text{JK Regresi Acak}} = \frac{0,00034236}{0,00000170 + 0,00021699} = 0,612071889$$

$$R^2 \text{ Kuadratik} = \frac{\text{JK Regresi Kuadratik}}{\text{JK Regresi Kuadratik} + \text{JK Regresi Acak}} = \frac{0,00000170}{0,00000170 + 0,00021699} = 0,00780$$

$$R^2 \text{ Kubik} = \frac{\text{JK Regresi Kubik}}{\text{JK Regresi Kubik} + \text{JK Regresi Acak}} = \frac{0,00000094}{0,00000094 + 0,00021699} = 0,00435$$

Dari perhitungan regresi didapatkan bahwa regresi linear bernilai lebih besar dibandingkan dengan regresi kuadratik dan regresi kubik, Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 0,0966 - 0,0005x$ dengan perhitungan sebagai berikut.

Lampiran 3 (lanjutan)

X	Y	Xy	x ²
0	0,0923	0	0
0	0,1013	0	0
0	0,0953	0	0
10	0,0938	0,9380	100
10	0,0908	0,9080	100
10	0,0908	0,9080	100
20	0,0847	1,6940	400
20	0,0847	1,6940	400
20	0,0938	1,8760	400
30	0,0817	2,4510	900
30	0,0893	2,6790	900
30	0,0742	2,2260	900
$\Sigma x = 180$	$\Sigma y = 1,0727$	$\Sigma xy = 15,3740$	$\Sigma x^2 = 4200$
$\bar{x} = 15$	$\bar{y} = 0,0894$		

Mencari b₁

$$b_1 = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}} = \frac{15,3740 - \frac{180 \cdot 1,0727}{12}}{4200 - \frac{(180)^2}{12}} = \frac{-0,7165}{1,500} = -0,000477$$

Mencari b₀

$$\begin{aligned} b_0 &= y - b_1 \cdot x \\ &= 0,08944 - (-0,00048 \cdot 15) \\ &= 0,0966 \end{aligned}$$

Persamaan regresi linier adalah $y = b_0 + b_1 x$ sehingga didapatkan persamaan $y = 0,0966 - 0,00048x$

Mencari titik y untuk menentukan arah kurva :

$$\begin{aligned} \text{Untuk } x = 0 \text{ maka } y &= 0,0966 - 0,00048(0) \\ &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} x = 10 \text{ maka } y &= 0,0966 - 0,00048(10) \\ &= 0,0918 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X = 20 \text{ maka } y &= 0,0966 - 0,00048(20) \\ &= 0,087 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X = 30 \text{ maka } y &= 0,0966 - 0,00048(30) \\ &= 0,0822 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Data Nilai Nitrit (mg/L) Selama Penelitian

Perlakuan	H1	H-10	H-20	H-30	Rerata
K1	0,1821	0,3150	0,3698	0,4156	0,3206
K2	0,2144	0,3204	0,3914	0,4237	0,3375
K3	0,1982	0,2728	0,3806	0,3878	0,3098
A1	0,1866	0,3536	0,3132	0,3887	0,3105
A2	0,3159	0,3240	0,2934	0,3105	0,3110
A3	0,2512	0,3393	0,3671	0,3500	0,3269
B1	0,2306	0,4623	0,2791	0,3366	0,3271
B2	0,2979	0,2943	0,3105	0,2890	0,2979
B3	0,2647	0,2890	0,2952	0,3132	0,2905
C1	0,1264	0,3105	0,3348	0,2890	0,2652
C2	0,3375	0,2952	0,2539	0,3446	0,3078
C3	0,2324	0,3033	0,2943	0,3168	0,2867

Data Jumlah Rata- Rata Pengamatan Nitrit Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	0,3206	0,3375	0,3098	0,9679	0,3226	$\pm 0,0139$
A	0,3105	0,3110	0,3269	0,9484	0,3161	$\pm 0,0093$
B	0,3271	0,2979	0,2905	0,9156	0,3052	$\pm 0,0194$
C	0,2652	0,3078	0,2867	0,8597	0,2866	$\pm 0,0213$
Total				3,6916		

Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Nitrit
N		12
Normal Parameters ^a	Mean	,307625
	Std. Deviation	,0201397
Most Extreme Differences	Absolute	,170
	Positive	,100
	Negative	-,170
Kolmogorov-Smirnov Z		,589
Asymp. Sig. (2-tailed)		,878

a. Test distribution is Normal.

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{3,6916^2}{3 \times 4} = 1,1356$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Total} &= (K_1)^2 + (K_2)^2 + (K_3)^2 + (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2 + \dots + (C_3)^2 - FK \\
 &= (0,3206)^2 + (0,3375)^2 + (0,3098)^2 + (0,3105)^2 + (0,3110)^2 + \\
 &\quad (0,3269)^2 + \dots + (0,2867)^2 - 1,1356 \\
 &= 0,00446
 \end{aligned}$$

Lampiran 4 (lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum A)^2 + (\sum B)^2 + (\sum C)^2 + (\sum D)^2}{3} - \text{FK} \\ &= \frac{(0,9679)^2 + (0,9484)^2 + (0,9156)^2 + (0,8597)^2}{3} - 1,1356 \\ &= 0,00224 \end{aligned}$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 0,00446 - 0,00224 = 0,00222$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (t) \cdot (r) - 1 = (4) \cdot (3) - 1 = 11$$

$$\text{db Perlakuan} = (t) - 1 = (4) - 1 = 3$$

$$\text{db Acak} = \text{db Total} - \text{db Perlakuan} = 11 - 3 = 8$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{db Perlakuan}} = \frac{0,00224}{3} = 0,00075$$

$$\text{KT Acak} = \frac{\text{JK Acak}}{\text{db acak}} = \frac{0,00222}{8} = 0,00028$$

Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	0,002242	0,00074729	2,69167 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	0,002221	0,00027763			
Total	11	0,004463				

Keterangan : ^{ns} : tidak berbeda nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Acak}} = \frac{0,00074729}{0,00027763} = 2,69167$$

Karena didapatkan hasil nilai F Hitung yang lebih kecil dari F tabel 5% maka tidak dilanjutkan ke Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Lampiran 5. Data Nilai Nitrat (mg/L) Selama Penelitian

Perlakuan	H1	H-10	H-20	H-30	Rerata
K1	0,7491	0,7491	1,9653	3,6861	1,7874
K2	0,4645	1,1502	1,9782	3,8284	1,8553
K3	0,6068	0,9561	2,0817	3,2462	1,7227
A1	0,5033	1,2796	1,9782	2,8192	1,6451
A2	0,5421	1,0208	2,2499	3,0392	1,7130
A3	0,5292	1,1502	2,5087	3,0909	1,8197
B1	1,2278	0,9820	1,6548	2,6510	1,6289
B2	1,0855	0,7879	1,6160	2,7933	1,5707
B3	1,3572	1,1502	1,5772	2,7286	1,7033
C1	1,3313	1,2019	2,0170	1,4736	1,5060
C2	1,7842	0,9432	2,1723	1,6548	1,6386
C3	1,4348	1,3960	1,9006	1,3055	1,5092

Data Jumlah Rata- Rata Pengamatan Nitrat Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	1,7874	1,8553	1,7227	5,3654	1,7885	$\pm 0,0663$
A	1,6451	1,7130	1,8197	5,1778	1,7259	$\pm 0,0880$
B	1,6289	1,5707	1,7033	4,9029	1,6343	$\pm 0,0665$
C	1,5060	1,6386	1,5092	4,6538	1,5513	$\pm 0,0756$
Total				20,1000	6,7000	

Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		Nitrat
N		11
Normal Parameters ^a	Mean	1,690064E0
	Std. Deviation	,1057770
Most Extreme Differences	Absolute	,119
	Positive	,119
	Negative	-,100
Kolmogorov-Smirnov Z		,395
Asymp. Sig. (2-tailed)		,998

a. Test distribution is Normal.

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{20,1000^2}{3 \times 4} = 33,6672$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Total} &= (K_1)^2 + (K_2)^2 + (K_3)^2 + (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2 + \dots + (C_3)^2 - FK \\
 &= (1,7874)^2 + (1,8553)^2 + (1,7227)^2 + (1,6451)^2 + (1,7130)^2 + \\
 &\quad (1,8197)^2 + \dots + (1,5092)^2 - 33,6672 \\
 &= 0,1419
 \end{aligned}$$

Lampiran 5 (lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum A)^2 + (\sum B)^2 + (\sum C)^2 + (\sum D)^2}{3} - \text{FK} \\ &= \frac{(5,3654)^2 + (5,1778)^2 + (4,9029)^2 + (4,6538)^2}{3} - 33,6672 \\ &= 0,0973 \end{aligned}$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 0,1419 - 0,0973 = 0,0446$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (t) \cdot (r) - 1 = (4) \cdot (3) - 1 = 11$$

$$\text{db Perlakuan} = (t) - 1 = (4) - 1 = 3$$

$$\text{db Acak} = \text{db Total} - \text{db Perlakuan} = 11 - 3 = 8$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{db Perlakuan}} = \frac{0,0973}{3} = 0,0325$$

$$\text{KT Acak} = \frac{\text{JK Acak}}{\text{db acak}} = \frac{0,0446}{8} = 0,0056$$

Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hit	F5%	F1%
Perlakuan	3	0,0973	0,032435316	5,822239245	4,07	7,59
Acak	8	0,0446	0,005570935			
Total	11	0,1419				

Keterangan : * : berbeda nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Acak}} = \frac{0,032435316}{0,005570935} = 5,83$$

Karena didapatkan hasil nilai F Hitung yang lebih besar dari F tabel 5% tetapi lebih kecil dari F tabel 1% maka dilanjutkan ke Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Menghitung Nilai BNT

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 (0,005570935)}{3}} = 0,061$$

$$\text{BNT 5\%} = t \text{ tabel 5\% (db acak)} \times \text{SED} = 2,306 \times 0,061 = 0,1405$$

$$\text{BNT 1\%} = t \text{ tabel 1\% (db acak)} \times \text{SED} = 3,355 \times 0,061 = 0,2045$$

Perlakuan		C	B	A	K	Notasi
	Rerata	1,5513	1,6343	1,7259	1,7885	
C	1,5513	0,0000				a
B	1,6343	0,0830 ^{ns}	0,0000			ab
A	1,7259	0,1747*	0,0916 ^{ns}	0,0000		b
K	1,7885	0,2372**	0,1542*	0,0625 ^{ns}	0,0000	bc

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

Lampiran 5 (lanjutan)

Perhitungan Uji Polinomial Orthogonal

Perlakuan	Total	Linier	Kuadratik	Kubik
K	5,3654	-3	1	-1
A	5,1778	-1	-1	3
B	4,9029	1	-1	-3
C	4,6538	3	1	1
$Q = \sum C_i T_i$		-2,4097	-0,0615	0,1131
$K\mu = (\sum C_i^2) \cdot \mu$		60	12	60
$JK \text{ regresi} = Q^2 / K\mu$		0,0968	0,0003	0,0002

Analisis Sidik Ragam Regresi

Sumber Ragam	Db	JK	KT	FH	F5%	F1%
Perlakuan	3				4,07	7,59
Linear	1	0,0968	0,0967	17,371**	4,07	7,59
Kuadratik	1	0,0003	0,0003	0,0565	4,07	7,59
Kubik	1	0,0002	0,0002	0,0382	4,07	7,59
Acak	8	0,0446	0,0055		4,07	7,59
Total	11					

Keterangan **: berbeda sangat nyata

Menghitung R Square (R^2)

$$R^2 \text{ Linear} = \frac{JK \text{ Regresi Linier}}{JK \text{ Regresi Linier} + JK \text{ Regresi Acak}} = \frac{0,0968}{0,0968 + 0,0446} = 0,6845$$

$$R^2 \text{ Kuadratik} = \frac{JK \text{ Regresi Kuadratik}}{JK \text{ Regresi Kuadratik} + JK \text{ Regresi Acak}} = \frac{0,0003}{0,0003 + 0,0446} = 0,0070$$

$$R^2 \text{ Kubik} = \frac{JK \text{ Regresi Kubik}}{JK \text{ Regresi Kubik} + JK \text{ Regresi Acak}} = \frac{0,0002}{0,0002 + 0,0446} = 0,0048$$

Dari perhitungan regresi didapatkan bahwa regresi linear bernilai lebih besar dibandingkan dengan regresi kuadratik dan regresi kubik, Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 1,795 - 0,008x$ dengan perhitungan sebagai berikut.

Lampiran 5 (lanjutan)

X	Y	Xy	x ²
0	1,7874	0	0
0	1,8553	0	0
0	1,7227	0	0
10	1,6451	16,4510	100
10	1,7130	17,1300	100
10	1,8197	18,1970	100
20	1,6289	32,5780	400
20	1,5707	31,4140	400
20	1,7033	34,0660	400
30	1,5060	45,1800	900
30	1,6386	49,1580	900
30	1,5092	45,2760	900
$\Sigma x = 180$	$\Sigma y = 20,0999$	$\Sigma xy = 289,4500$	$\Sigma x^2 = 4200$
$\bar{x} = 15,00$	$\bar{y} = 1,6750$		

Mencari b1

$$b_1 = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}} = \frac{289,4500 - \frac{180 \cdot 20,0999}{12}}{4200 - \frac{(180)^2}{12}} = \frac{-12,0485}{1,500} = -0,0080$$

Mencari b0

$$b_0 = \bar{y} - b_1 \bar{x} = 1,675 - (-0,0080 \cdot 15) = 1,795$$

Persamaan regresi linier adalah **y = b0 + b1x** sehingga didapatkan persamaan **y = 1,795 - 0,0080x**

Mencari titik y untuk menentukan arah kurva :

$$\text{Untuk } x = 0 \text{ maka } y = 1,795 - 0,0080(0) = 1,795$$

$$x = 10 \text{ maka } y = 1,795 - 0,0080(10) = 1,715$$

$$x = 20 \text{ maka } y = 1,795 - 0,0080(20) = 1,635$$

$$x = 30 \text{ maka } y = 1,795 - 0,0080(30) = 1,555$$

Lampiran 6. Data Kelulushidupan Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

Perlakuan	Ikan tebar (ekor)	Ikan Panen (ekor)	Persentase(%)
K1	60	55	91,67
K2	60	54	90,00
K3	60	55	91,67
A1	60	54	90,00
A2	60	58	96,67
A3	60	57	95,00
B1	60	56	93,33
B2	60	58	96,67
B3	60	56	93,33
C1	60	57	95,00
C2	60	58	96,67
C3	60	59	98,33

Data Rata – Rata Kelulushidupan Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	91,67	90,00	91,67	273,33	91,11
A	90,00	96,67	95,00	281,67	93,89
B	93,33	96,67	93,33	283,33	94,44
C	95,00	96,67	98,33	290,00	96,67
Total				1128,33	

Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		SR
N		12
Normal Parameters ^a	Mean	94,0283
	Std. Deviation	2,79418
Most Extreme Differences	Absolute	,161
	Positive	,134
	Negative	-,161
Kolmogorov-Smirnov Z		,558
Asymp. Sig. (2-tailed)		,914

a. Test distribution is Normal.

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK):

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{1128,33^2}{3 \times 4} = 106095$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Total} &= (K_1)^2 + (K_2)^2 + (K_3)^2 + (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2 + \dots + (C_3)^2 - FK \\
 &= (91,67)^2 + (90,00)^2 + (91,67)^2 + (90,00)^2 + (96,67)^2 + (95,00)^2 + \\
 &\quad \dots + (98,33)^2 - 106095 \\
 &= 85,87963
 \end{aligned}$$

Lampiran 6 (lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum A)^2 + (\sum B)^2 + (\sum C)^2 + (\sum D)^2}{3} - \text{FK} \\ &= \frac{(273,33)^2 + (281,67)^2 + (283,33)^2 + (290,00)^2}{3} - 106095 \\ &= 46,99074 \end{aligned}$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 85,87963 - 46,99074 = 38,88889$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (t) \cdot (r) - 1 = (4) \cdot (3) - 1 = 11$$

$$\text{db Perlakuan} = (t) - 1 = (4) - 1 = 3$$

$$\text{db Acak} = \text{db Total} - \text{db Perlakuan} = 11 - 3 = 8$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{db Perlakuan}} = \frac{46,99074}{3} = 15,66$$

$$\text{KT Acak} = \frac{\text{JK Acak}}{\text{db acak}} = \frac{38,88889}{8} = 4,861$$

Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	46,99074	15,66	3,22 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	38,88889	4,86			
Total	11	85,87963				

Keterangan : ^{ns} : tidak berbeda nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Acak}} = \frac{15,66}{4,86} = 3,22$$

Karena didapatkan hasil nilai F Hitung yang lebih kecil dari F tabel 5% maka tidak dilanjutkan ke Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Lampiran 7. Data Laju Pertumbuhan Ikan Patin (*Pangasius hypophthalmus*)

Perlakuan	Wo	W10	W20	W30	SGR			Rerata SGR
	gr/ekor	gr/ekor	gr/ekor	gr/ekor	W10	W20	W30	
A1	3,31	3,82	4,11	4,38	1,43	1,08	0,93	1,15
A2	3,38	3,81	4,12	4,44	1,20	0,99	0,91	1,03
A3	3,35	3,86	4,06	4,67	1,42	0,96	1,11	1,16
B1	3,41	3,85	4,01	4,85	1,21	0,81	1,17	1,07
B2	3,36	3,71	4,28	4,69	0,99	1,21	1,11	1,10
B3	3,27	3,72	3,92	4,48	1,29	0,91	1,05	1,08
C1	3,41	3,71	4,85	4,52	0,84	1,76	0,94	1,18
C2	3,38	3,85	4,31	4,64	1,30	1,22	1,06	1,19
C3	3,32	3,64	4,21	4,45	0,92	1,19	0,98	1,03
K1	3,32	3,68	4,19	4,48	1,03	1,16	1,00	1,06
K2	3,33	3,67	3,92	4,38	0,97	0,82	0,91	0,90
K3	3,37	3,73	4,18	4,47	1,01	1,08	0,94	1,01

Data Jumlah Rata- Rata Laju Pertumbuhan Spesifik Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
K	1,06	0,90	1,01	2,98	0,99	$\pm 0,0834$
A	1,15	1,03	1,16	3,34	1,11	$\pm 0,0715$
B	1,07	1,10	1,08	3,25	1,08	$\pm 0,0191$
C	1,18	1,19	1,03	3,40	1,13	$\pm 0,0914$
Total				12,9719		

Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		SGR
N		12
Normal Parameters ^a	Mean	1,0800
	Std. Deviation	,08345
Most Extreme Differences	Absolute	,133
	Positive	,094
	Negative	-,133
Kolmogorov-Smirnov Z		,459
Asymp. Sig. (2-tailed)		,984

a. Test distribution is Normal.

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{20,1000^2}{3 \times 4} = 12,9719$$

$$\begin{aligned}
 JK \text{ Total} &= (K_1)^2 + (K_2)^2 + (K_3)^2 + (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2 + \dots + (C_3)^2 - FK \\
 &= (1,06)^2 + (0,90)^2 + (1,01)^2 + (1,15)^2 + (1,03)^2 + (1,16)^2 + \dots + (1,03)^2 - 12,9719 \\
 &= 14,0225
 \end{aligned}$$

Lampiran 7 (lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum A)^2 + (\sum B)^2 + (\sum C)^2 + (\sum D)^2}{3} - \text{FK} \\ &= \frac{(0,99)^2 + (1,11)^2 + (1,08)^2 + (1,13)^2}{3} - 12,9719 \\ &= 0,0355 \end{aligned}$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} = 14,0225 - 0,0355 = 0,0416$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (t) \cdot (r) - 1 = (4) \cdot (3) - 1 = 11$$

$$\text{db Perlakuan} = (t) - 1 = (4) - 1 = 3$$

$$\text{db Acak} = \text{db Total} - \text{db Perlakuan} = 11 - 3 = 8$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{db Perlakuan}} = \frac{0,0355}{3} = 0,0118$$

$$\text{KT Acak} = \frac{\text{JK Acak}}{\text{db acak}} = \frac{0,0416}{8} = 0,0052$$

Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	Db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	3	0,035503	0,0118	2,2736 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	0,04164	0,0052			
Total	11	0,077144				

Keterangan : ^{ns} : tidak berbeda nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{\text{KT Perlakuan}}{\text{KT Acak}} = \frac{0,0118}{0,0052} = 2,2736$$

Karena didapatkan hasil nilai F Hitung yang lebih kecil dari F tabel 5% maka tidak dilanjutkan ke Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Lampiran 8. Laju Pertumbuhan Tanaman (LPT)

Data pertumbuhan berat tanaman kangkung air

Perlakuan	W ₀ (gr)	W _t (gr)	LPT(%)
A1	5,034	23,334	5,11
A2	5,388	22,148	4,71
A3	5,275	22,673	4,86
B1	5,413	21,228	4,56
B2	5,518	22,056	4,62
B3	5,357	21,816	4,68
C1	5,247	19,745	4,42
C2	5,055	18,694	4,36
C3	5,367	21,023	4,55

Data Jumlah Rata- Rata Laju Pertumbuhan Tanaman Selama Penelitian

Perlakuan	Ulangan			Total	Rerata	$\bar{x} \pm sd$
	1	2	3			
A	5,11	4,71	4,86	14,68	4,89	$\pm 0,202$
B	4,56	4,62	4,68	13,86	4,62	$\pm 0,060$
C	4,42	4,36	4,55	13,33	4,44	$\pm 0,097$
Total				41,87		

Uji Normalitas Data

One-Sample Kolmogorov-Smirnov Test

		LPT
N		9
Normal Parameters ^a	Mean	4,6522
	Std. Deviation	,22808
Most Extreme Differences	Absolute	,178
	Positive	,178
	Negative	-,105
Kolmogorov-Smirnov Z		,533
Asymp. Sig. (2-tailed)		,939

a. Test distribution is Normal.

$$FK = \frac{G^2}{n} = \frac{41,87^2}{3 \times 3} = 194,789$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Total} &= (K_1)^2 + (K_2)^2 + (K_3)^2 + (A_1)^2 + (A_2)^2 + (A_3)^2 + \dots + (C_3)^2 - FK \\ &= (5,11)^2 + (4,71)^2 + (4,86)^2 + (4,56)^2 + (4,62)^2 + (4,68)^2 + \dots + (4,55)^2 - 194,789 \\ &= 0,416 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} JK \text{ Perlakuan} &= \frac{(\sum A)^2 + (\sum B)^2 + (\sum C)^2}{2} - FK \\ &= \frac{(4,89)^2 + (4,62)^2 + (4,44)^2}{2} - 194,789 \\ &= 0,308 \end{aligned}$$

Lampiran 8 (lanjutan)

$$JK \text{ Acak} = JK \text{ Total} - JK \text{ Perlakuan} = 0,416 - 0,308 = 0,108$$

$$\text{Derajat Bebas (db) Total} = (t) \cdot (r) - 1 = (3) \cdot (3) - 1 = 8$$

$$\text{db Perlakuan} = (t) - 1 = (3) - 1 = 2$$

$$\text{db Acak} = \text{db Total} - \text{db Acak} = 8 - 2 = 6$$

$$\text{Kuadrat Tengah (KT) Perlakuan} = \frac{JK \text{ Perlakuan}}{\text{db Perlakuan}} = \frac{0,308}{2} = 0,1542$$

$$KT \text{ Acak} = \frac{JK \text{ Acak}}{\text{db acak}} = \frac{0,108}{6} = 0,017$$

Analisis Sidik Ragam

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F hitung	F 5%	F1%
Perlakuan	2	0,308	0,154211	8,58*	5,14	10,92
Acak	6	0,108	0,017956			
Total	8	0,416				

Keterangan : * : berbeda nyata

$$F \text{ Hitung} = \frac{KT \text{ Perlakuan}}{KT \text{ Acak}} = \frac{0,154211}{0,017956} = 8,58$$

Karena didapatkan hasil nilai F Hitung yang lebih besar dari F tabel 5% maka dilanjutkan ke Uji Beda Nyata Terkecil (BNT).

Menghitung Nilai BNT

$$SED = \sqrt{\frac{2 \text{ KT acak}}{\mu}} = \sqrt{\frac{2 (0,0179)}{3}} = 0,1094$$

$$\text{BNT 5\%} = t \text{ tabel 5\% (db acak)} \times SED = 2,446 \times 0,1094 = 0,268$$

$$\text{BNT 1\%} = t \text{ tabel 1\% (db acak)} \times SED = 3,707 \times 0,1094 = 0,406$$

	C	B	A	Notasi
Perlakuan	4,44	4,62	4,89	
C	4,44	0,00		a
B	4,62	0,18 ^{ns}	0,00	A
A	4,89	0,45**	0,27*	B

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

Perhitungan Uji Polinomial Orthogonal

Perlakuan	Total	Linier	Kuadratik
A	14,6800	-1	1
B	13,8600	0	-2
c	13,3300	1	1
Q	-	-1,3500	0,29
KR	-	6	18
JK Regresi	-	0,3037	0,0047
Total JK Regresi	-	0,308	

Lampiran 8 (lanjutan)

Analisis Sidik Ragam Regresi

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F Hitung	F5%	F1%
Perlakuan	2	0,308	-			
Linear	1	0,3037	0,3037	16,916**	5,14	10,92
Kuadratik	1	0,0047	0,0046	0,260		
Acak	6	0,108	0,0179			
Total	8					

Keterangan **: berbeda sangat nyata

Menghitung R Square (R²)

$$R^2 \text{ Linear} = \frac{\text{JK Regresi Linier}}{\text{JK Regresi Linier} + \text{JK Regresi Acak}} = \frac{0,3037}{0,3037 + 0,108} = 0,738$$

$$R^2 \text{ Kuadratik} = \frac{\text{JK Regresi Kuadratik}}{\text{JK Regresi Kuadratik} + \text{JK Regresi Acak}} = \frac{0,0047}{0,0047 + 0,108} = 0,042$$

Dari perhitungan regresi didapatkan bahwa regresi linear bernilai lebih besar dibandingkan dengan regresi kuadratik. Persamaan regresi linear yang diperoleh adalah $y = 5,102 - 0,022x$ dengan perhitungan sebagai berikut.

X	Y	Xy	x ²
10	5,11	51,1	100
10	4,71	47,1	100
10	4,86	48,6	100
20	4,56	91,2	400
20	4,62	92,4	400
20	4,68	93,6	400
30	4,42	132,6	900
30	4,36	130,8	900
30	4,55	136,5	900
$\Sigma x = 180$	$\Sigma y = 41,87$	$\Sigma xy = 823,9$	$\Sigma x^2 = 4200$
$\bar{x} = 20$	$\bar{y} = 4,652$		

Mencari b₁

$$b_1 = \frac{\Sigma xy - \frac{\Sigma x \cdot \Sigma y}{n}}{\Sigma x^2 - \frac{(\Sigma x)^2}{n}} = \frac{823,9 - \frac{180 \cdot 41,87}{9}}{4200 - \frac{(180)^2}{9}} = \frac{-13,5}{600} = -0,0225$$

Mencari b₀

$$b_0 = y - b_1 \cdot x = 4,652 - (-0,022 \cdot 20) = 5,102$$

Persamaan regresi linier adalah $y = b_0 + b_1x$ sehingga didapatkan

$$\text{persamaan } y = 5,102 - 0,022x$$

Mencari titik y untuk menentukan arah kurva :

$$\text{Untuk } x = 10 \text{ maka } y = 5,102 - 0,022(10) = 4,882$$

$$X = 20 \text{ maka } y = 5,102 - 0,022(20) = 4,662$$

$$X = 30 \text{ maka } y = 5,102 - 0,022(30) = 4,442$$



Lampiran 9. Data Kualitas Air Penunjang

- Data Pengamatan Harian pH

Perlakuan												
Hari	K1		K2		K3		A1		A2		A3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	6,4	7,2	6,8	7,1	6,3	7,5	8,1	7,9	7,2	7,1	6,8	6,9
2	7,6	7,1	6,5	6,3	7,9	8,1	7,9	7,8	6,8	7,4	6,9	7,4
3	6,8	6,5	6,8	7,1	6,4	7,8	6,5	6,9	6,4	6,9	7,9	7,5
4	6,5	7,2	6,2	6,5	7,6	7,8	6,8	7,7	7,4	7,8	6,5	7,8
5	7,4	6,2	6	6,7	6,8	8,2	6,2	7,6	6,5	6,9	6,8	8,2
6	6,3	8	6,9	6,9	7,9	8,2	6	7,8	6,5	7,8	6,2	7,8
7	7,1	7,3	7,3	7,9	6,4	6,7	6,9	7,1	6,8	6,8	6	8,1
8	6,5	7,3	6,4	6,4	7,6	6,9	7,3	7,8	7,1	7,1	6,9	8,1
9	6,7	6,4	7,1	7,6	6,8	6,8	6,4	6,8	7,2	7,8	7,3	7,8
10	6,9	7,1	6,8	6,8	6,8	7,6	7,1	7,8	7,2	7,2	6,4	8,2
11	6,7	6,8	5,9	6,5	7,2	7,3	6,8	7,1	6,8	7,9	7,1	7,9
12	7,3	5,9	6,2	7,4	7,6	5,9	5,9	7,8	7,5	7,8	6,8	7,8
13	6,9	6,2	6,5	6	7,2	5,7	6,2	7,2	7,8	7,3	5,9	8,1
14	6,6	7,5	6,8	6,9	7,6	6,7	7,3	7,5	7,2	6,8	6,2	6,7
15	6,5	7,6	6,9	7,3	7,6	7,3	6,4	7,8	7,8	7,2	6,5	7,5
16	6,4	7,3	6,8	6,4	6,3	7,5	7,1	7,1	7,1	6,9	6,4	7,8
17	6,5	7,9	6,9	7,1	7,2	7,2	6,8	7,9	8,1	7,1	6,5	7,6
18	6,8	6,4	6,7	6,8	6,4	7,2	6,4	7,8	7,8	7,2	6,8	7,3
19	6,2	7,6	7,3	5,9	7,6	7,9	7,6	7,1	8,2	7,6	6,4	5,9
20	6	6,8	6,9	7,2	6,8	7,4	6,8	7,2	7,9	7,3	7,6	5,7
21	6,9	6,5	6,6	7,5	6,5	7,6	6,5	7,8	7,8	5,9	6,8	6,7
22	7,3	7,4	6,5	6,8	7,4	6,8	7,4	7,7	8,1	5,7	6,5	7,3
23	6,4	6,3	6,4	6,9	6,3	7,9	6,3	7,6	6,8	6,7	7,4	6,9
24	7,1	7,1	6,5	6,8	7,1	6,4	7,1	7,8	7,1	7,3	6,3	7,6
25	6,8	6,5	6,8	6,9	6,5	6,5	6,5	6,8	7,1	6,8	7,1	7,1
26	5,9	6,7	6,2	6,7	6,7	6,8	6,7	7,6	7,2	6,4	6,5	7,5
27	6,2	6,9	6,5	7,3	6,9	6,2	6,9	7,3	6,9	7,6	6,7	6,5
28	6,5	7,6	6,4	7,4	6,6	6,4	7,3	5,9	6,4	7,2	6,9	7,4
29	6,5	7,1	7,1	7,1	6,5	7,1	6,9	7,2	7,2	7,9	7,1	6,3
30	6,8	7,5	7,8	6,8	6,4	7,5	6,8	6,8	7,4	6,8	6,9	7,1

Perlakuan												
Hari	B1		B2		B3		C1		C2		C3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	7,1	6,8	6,8	7,2	6,4	7,2	6,4	7,2	7,9	7,8	7,6	7,1
2	6,5	6,8	7,1	7,1	7,6	7,8	7,9	6,5	7,1	7,2	7,1	6,5
3	7,1	6,5	6,4	7,9	6,8	7,2	7,6	6,2	6,5	7,9	6,8	7,1
4	6,8	6,8	7,6	6,2	6,5	6	7,3	7,5	6,8	6,9	5,9	6,8
5	6,5	7,2	7,2	7,5	7,4	6,9	5,9	7,6	6,2	7,2	6,2	6,5
6	7,4	7,8	7,6	7,6	6,3	7,3	5,7	7,3	6	7,9	6,4	7,4
7	6,3	6,9	6,7	7,3	7,1	6,4	6,7	7,9	6,9	6,4	7,6	6,3
8	7,1	7,3	6,9	7,9	6,5	7,1	7,3	6,4	7,3	7,6	6,8	7,1
9	6,5	6,4	6,8	6,4	6,7	7,3	6,8	7,6	6,4	7,2	6,5	6,5
10	7,5	7,1	7,6	7,6	6,9	6,9	6,4	7,9	7,1	7,4	7,4	7,5
11	6,5	6,8	7,3	6,8	7,8	6,9	7,6	7,8	6,8	6,5	6,3	6,5
12	6,4	5,9	5,9	6,5	8,2	7,4	7,2	8,1	5,9	6,8	7,1	6,4
13	6,5	6,2	5,7	6,9	8,2	6,8	7,9	6,7	6,2	6,2	6,5	6,5
14	6,8	6,8	6,7	6,8	8,2	6,4	6,8	6,7	7,3	6	6,7	6,8
15	6,7	7,7	7,3	6,7	7,9	7,6	6,4	7,2	6,8	6,9	6,9	6,7
16	6,4	7,3	6,8	6,4	7,9	6,8	6,5	7,1	7,1	7,3	6,8	6,4
17	5,9	6,8	6,4	7,5	8,9	6,5	6,4	7,3	7,4	6,4	6,8	5,9
18	6,2	7,8	7,6	7,4	7,1	7,4	6,5	7,8	6,4	7,1	7,2	6,2
19	6,5	7,6	7,2	6,9	7,3	6,3	6,8	8,2	7,6	6,8	7,2	6,5
20	6,8	6,8	7,9	6,5	7,1	7,1	7,3	7,8	6,8	5,9	6,4	6,8
21	6,5	7,3	6,8	6,8	7,2	6,5	7,9	8,1	7,1	6,2	6,5	6,5
22	6,8	7,4	7,2	6,7	6,7	6,7	6,4	8,1	7,4	7,1	7,2	6,8
23	6,2	7,5	6,4	7,2	6,9	7,5	6,5	7,8	6,3	5,9	7,9	6,2
24	6	7,1	6,5	7,2	6,8	6,4	7,4	8,2	7,1	6,2	7,4	6
25	6,9	7,5	7,4	7,9	7,6	6,5	6,3	7,9	6,5	6,5	6,9	6,9
26	7,3	7,1	6,3	7,9	7,3	7,5	7,1	7,8	6,7	6,8	7,2	7,3
27	6,8	6,9	7,1	7,9	5,9	7,4	6,5	8,1	6,9	7,2	7,9	6,8
28	7,2	7,8	6,5	7,8	5,7	6	7,9	7,8	7,2	7,8	6,4	7,2
29	7,4	7,5	6,9	7,4	6,7	6,9	7,9	7,8	7,9	7,2	6,5	7,4
30	7,3	7,4	6,4	7,5	7,3	7,2	7,5	6,4	7,3	6,8	6,4	7,3

Jumlah rata – rata pH pada pagi hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	6,7	6,7	7,0	20,33	6,78
A	6,8	7,2	6,7	20,81	6,94
B	6,7	6,9	7,2	20,79	6,93
C	7,0	6,9	6,9	20,74	6,91
Total				82,67	

Jumlah rata –rata pH pada sore hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	7,0	6,9	7,2	21,06	7,02
A	7,4	7,1	7,4	21,90	7,30
B	7,1	7,2	6,9	21,20	7,07
C	7,5	6,9	7,4	21,86	7,29
Total				86,02	

• **Data Pengamatan Harian Suhu (°C)**

Perlakuan												
Hari	K1		K2		K3		A1		A2		A3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	25	32	28	27,5	27	31	27	27	29	30	28	30
2	25	28	28	28	27	31	27	26	27	31	28	31
3	26	29,5	27	30	26	30	28	27	29,5	32	27	29
4	27	31	29	29,5	27,5	31	28	29	28	29	27,5	30
5	26	30	29	31	28	27,5	26	28	28	32	28,5	31
6	28	29,5	28,5	30	26	28	27	28	28	31	28	31
7	28	31	28	31	27	27	29	31	27	27,5	28	30
8	27	30	28	28	27,5	29	28	30	27	28	27	31
9	27	31	27	31	26,5	28	28	32	28	30	26	29
10	28	28	29	30	28	29	28	29	26	31	27	30
11	28	31	28	32	28	29	28	29	27	29	26	31
12	27	30	29	31	29,5	28	28	31	28	30	28	31
13	27,5	32	29	30	27,5	30	27	29,5	27	31	28	30
14	28	31	28	29,5	28	29	27	30	29	31	27	31
15	27	29	28	29	28,5	31	28	31	27	30	27	29,5
16	29	28	26	30	28	30	28	29	28	27	31	29
17	28	31	28	31	27	31	28	30	29	29	28	28
18	29	30	28	28	29,5	31	27	29	27	31	27	31
19	29	32	27	31	26	30	28	31	26	30	28	28
20	28	29	27	30	28	31	28	28	28	29	28	30
21	28	30	28	32	29	29	27	31	28	31	27	29,5
22	28	29,5	26	29	28	30	27,5	30	27	29,5	27,5	31
23	28	31	27	30	27	31	28	32	27	29	28	30
24	27,5	30	26	29,5	27	30	28	31	28	28	27	31
25	27,5	28	28	29	26	31	27	29	28	29	29	28
26	28	29,5	26	31	27	28	26	29	26	29	28	26
27	28	32	27	28	29	31	27	30	27	30	26	28
28	27,5	31	26	31	28	30	26	31	28	31	27	28
29	28	30	28	30	29	29	28	32	28,5	31	28	31
30	28	32	28	28	28	29,5	28	31	28	31	27	30

Perlakuan												
Hari	B1		B2		B3		C1		C2		C3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	28	31	26	29	27	30	28	31	27	32	28	30
2	27	29	27	29,5	27	31	26	31	29	28	28	31
3	27	30	26	30	27	30	28	30	28,5	32	27	28
4	28	31	28	27,5	30	29	31	31	28	29,5	28	27
5	28	31	28	28	29,5	28	30	29,5	28	30	26	29
6	27	30	27	27	29	28	31	28	27	31	27	28
7	27,5	30	27	26	30	28	28	28	29	30	26	29
8	28	31	28	27	29,5	28	31	30	28	31	28	30
9	26	29	28	26	31	27,5	30	29,5	29	28	28	29,5
10	27	30	26	28	30	27,5	32	31	29	31	27	30
11	28	31	27	28	28	28	29,5	29	28	30	27	28
12	26	31	26	27	30	28	31	30	28	32	28	29
13	28	30	28	27	29,5	26,5	30	31	28	29	26	31
14	27	31	28	28	31	28	31	31	27	30	26	31
15	27,5	29,5	27	29	31	27	30	30	27	31	27	30
16	31	28	29,5	27	29,5	27,5	29,5	27	28	30	27	31
17	30	28	30	28	30	27,5	30	27	28	30	29	31
18	27	30	28	31	27	30	28	29,5	28	30	28,5	32
19	27	29,5	26,5	30	28	31	28	31	28	31	28	29,5
20	28	31	28	31	28	32	26,5	30	27	28	28	30
21	28	30	26,5	31	27,5	31	27	31	27	31	27	29,5
22	27	31	27	30	28	30	27	28	28	30	29	31
23	27,5	28	28	31	27	31	27	31	28	30	28	30
24	29	31	28	29,5	27	29,5	27,5	29,5	27	32	28	28
25	28	30	28	30	28	30	27,5	30	27	31	28	29,5
26	27,5	31	27,5	30	28	31	28	31	28	30	28	29,5
27	27,5	31	28	31	27	32	27	32	28	28	27,5	31
28	28	30	27	30	27,5	29	28	29	27	30	27,5	30
29	28	30	29,5	28	30	27	27,5	28	30	27,5	30	27
30	27	31	29	28	31	26	30	28	28	30	27	29

Jumlah rata –rata suhu pada pagi hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	27,5	27,7	27,6	82,8	27,6
A	27,5	27,6	27,6	82,7	27,6
B	27,7	27,6	28,8	84,0	28,0
C	28,8	27,9	27,6	84,3	28,1
Total				333,9	

Jumlah rata –rata suhu pada sore hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	30,2	29,8	29,7	89,7	29,9
A	29,7	29,9	29,8	89,35	29,8
B	30,1	28,8	29,0	87,85	29,3
C	29,7	30,1	29,6	89,45	29,8
Total				356,35	

• Data Pengamatan Harian Oksigen Terlarut (mg/L)

Perlakuan												
Hari	K1		K2		K3		A1		A2		A3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	6,88	7,44	7,05	7,02	7,28	7,21	7,28	7,02	7,28	7,43	7,28	6,97
2	6,79	6,89	7,13	7,44	7,13	7,32	6,79	7,44	7,13	7,21	6,79	7,02
3	6,88	7,21	6,85	7,18	6,88	7,44	7,05	7,21	6,79	6,89	7,13	7,67
4	6,88	7,32	7,05	7,02	6,79	6,89	7,13	7,67	6,88	7,21	6,85	7,93
5	7,28	7,21	6,85	7,93	6,88	7,21	6,85	7,93	6,88	7,32	7,05	7,12
6	6,79	7,67	6,85	7,12	6,88	7,32	7,05	7,12	6,88	6,89	7,05	6,97
7	6,79	7,67	6,85	7,02	7,28	7,21	6,85	6,97	6,88	6,89	7,05	7,02
8	7,44	6,79	6,89	7,13	7,13	7,12	7,03	7,67	6,79	7,02	6,85	7,44
9	7,93	6,85	7,21	7,13	6,85	6,97	7,03	7,93	6,88	7,44	7,05	7,12
10	7,02	7,03	7,32	6,88	7,28	7,02	6,85	7,02	6,88	6,89	7,05	6,97
11	7,44	7,03	7,21	7,05	7,13	7,32	6,79	7,44	7,13	7,21	6,79	7,02
12	7,12	7,03	7,67	6,79	7,05	7,18	7,13	7,05	7,03	7,02	7,44	6,79
13	6,85	7,93	6,88	7,32	7,03	7,21	6,88	7,12	7,03	7,18	6,88	7,44
14	7,05	7,12	6,88	6,89	7,13	7,67	6,79	6,97	7,03	7,02	6,79	6,89
15	6,85	6,97	6,88	6,89	6,85	7,93	6,85	7,02	7,03	7,93	6,88	7,21
16	7,03	7,67	6,79	7,02	7,05	7,02	7,28	7,44	6,85	7,12	6,88	7,32
17	7,03	7,93	6,88	7,44	7,13	7,44	6,79	6,89	7,13	7,02	7,28	7,21
18	6,85	7,02	6,88	6,89	7,03	7,02	7,03	7,44	6,88	7,93	6,85	7,12
19	6,79	7,44	7,13	7,21	7,28	7,21	7,28	7,02	7,28	7,43	7,28	6,97
20	7,13	7,05	7,03	7,02	6,13	7,32	6,79	7,44	7,13	7,21	6,79	7,02
21	6,88	7,12	7,03	7,18	7,05	7,18	7,13	7,05	7,03	7,02	7,44	6,79
22	7,05	7,93	7,32	7,18	6,85	6,97	7,03	7,93	7,13	7,44	7,93	6,85
23	6,79	7,12	7,03	7,93	6,28	7,02	7,03	7,12	7,03	7,18	7,02	7,03
24	6,85	7,02	6,85	7,12	7,13	7,02	6,79	7,12	7,03	7,21	6,88	6,97
25	7,28	7,44	6,13	6,97	6,85	7,44	6,85	6,97	6,85	7,67	7,03	7,02
26	7,13	7,12	7,03	7,02	7,05	7,12	7,28	7,02	6,88	7,93	6,85	7,67
27	6,85	6,97	6,88	7,44	6,88	7,21	6,85	6,97	6,88	6,89	7,05	7,02
28	7,28	7,18	7,28	7,43	6,88	7,67	6,85	7,12	6,88	6,89	7,93	7,02
29	7,13	7,67	6,79	6,97	6,89	7,93	7,13	6,97	6,88	6,89	7,93	7,44
30	6,85	7,93	6,85	7,02	6,88	6,89	7,05	7,02	7,28	7,21	7,93	7,18

Perlakuan												
Hari	B1		B2		B3		C1		C2		C3	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
1	7,28	7,21	7,28	7,18	7,05	7,12	7,28	7,44	7,05	7,02	6,79	6,89
2	6,89	7,32	6,89	7,02	7,05	6,97	7,28	7,44	6,85	7,93	6,88	7,21
3	6,79	7,21	7,03	7,12	6,79	7,02	6,89	7,32	6,85	7,12	6,88	7,32
4	6,85	7,32	7,03	6,97	7,44	6,79	6,89	7,02	6,85	7,02	7,28	7,21
5	6,88	6,89	7,05	7,02	7,13	6,97	7,28	7,03	6,85	6,97	7,03	7,93
6	7,28	7,21	7,28	7,44	6,88	7,44	7,05	6,85	6,85	6,97	6,97	7,03
7	6,88	6,89	7,05	6,89	7,05	7,18	7,13	7,05	7,03	7,02	7,44	6,79
8	6,85	6,97	7,03	7,93	6,85	6,97	7,03	7,93	7,13	7,44	7,93	6,85
9	7,28	7,02	7,03	7,12	7,28	7,02	7,03	7,12	7,03	7,18	7,02	7,03
10	7,28	7,44	7,03	7,21	7,93	6,88	7,44	7,05	7,21	7,13	7,44	6,79
11	6,89	7,32	6,85	6,97	6,89	7,02	7,02	7,28	7,32	6,88	7,12	7,05
12	6,89	7,02	6,88	7,67	7,21	7,44	7,44	6,79	7,21	7,05	6,97	7,13
13	7,05	7,21	7,05	7,93	7,32	7,18	7,12	7,05	7,67	6,79	7,02	6,85
14	7,13	7,67	6,79	7,12	7,03	7,93	6,88	7,13	7,93	6,88	6,44	7,05
15	6,85	7,93	6,85	7,02	6,85	7,12	6,88	7,13	7,03	7,67	6,34	7,03
16	7,05	7,12	7,28	7,44	7,13	6,97	7,28	7,03	7,03	7,93	6,44	7,03
17	6,85	6,97	7,13	7,12	7,03	7,02	6,79	7,13	7,03	7,12	6,17	7,03
18	6,88	7,67	6,85	6,97	6,88	7,44	7,05	6,85	6,85	6,97	6,27	7,03
19	7,28	7,21	7,28	7,18	7,28	7,43	7,28	6,97	6,89	7,13	6,28	7,44
20	6,89	7,32	6,89	7,02	6,65	7,21	7,28	7,02	7,05	7,03	6,34	6,89
21	6,89	7,02	7,02	7,28	6,72	7,93	6,79	7,44	6,85	7,13	6,88	7,21
22	7,21	7,44	7,44	6,79	6,34	7,12	6,88	7,18	7,05	6,85	6,88	7,32
23	7,32	7,18	7,12	7,05	6,54	6,97	6,85	7,02	6,85	7,05	7,28	7,21
24	7,03	7,21	6,88	7,21	6,38	7,02	6,55	7,93	6,17	7,13	6,79	7,67
25	6,85	7,67	7,03	7,67	6,58	7,02	6,45	7,93	6,23	7,44	7,03	7,21
26	6,88	7,93	6,85	7,93	6,75	7,44	6,15	7,12	6,89	7,32	6,85	6,97
27	6,88	7,13	7,05	7,18	6,55	7,18	6,85	7,02	6,89	7,02	6,88	7,67
28	7,21	7,13	7,93	7,02	6,15	7,02	7,28	7,44	7,05	7,21	7,05	7,93
29	7,21	7,12	7,93	7,93	6,85	7,93	7,13	7,12	6,65	7,67	6,79	7,12
30	7,21	7,02	7,93	7,12	6,85	7,12	6,85	6,97	6,24	7,93	6,85	7,02

Jumlah rata –rata oksigen terlarut pada pagi hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	7,03	6,98	6,96	21	6,99
A	6,98	6,99	7,13	21,1	7,04
B	7,02	7,12	6,91	21,1	7,02
C	7,00	6,95	6,88	20,8	6,94
Total				84	

Jumlah rata –rata oksigen terlarut pada sore hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	7,29	7,16	7,25	21,7	7,23
A	7,24	7,22	7,14	21,6	7,20
B	7,26	7,25	7,20	21,7	7,24
C	7,19	7,20	7,16	21,6	7,19
Total				86,6	

