

PENGARUH BUDIDAYA SISTEM AKUAPONIK DENGAN TANAMAN YANG BERBEDA TERHADAP KELULUSHIDUPAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)

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

Oleh :
SARTIKA DEWI M
NIM. 0910852017

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



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

PENGARUH BUDIDAYA SISTEM AKUAPONIK DENGAN TANAMAN YANG BERBEDA TERHADAP KELULUSHIDUPAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio*)

Skripsi sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang

Oleh :
SARTIKA DEWI M
NIM. 0910852017

DOSEN PENGUJI I

(Dr. Ir. Agoes Soeprijanto, MS)

NIP. 19590807 198601 1 001

TANGGAL :

DOSEN PENGUJI II

(Ir. M. Rasyid Fadholi, MSi)

NIP. 19520713 198003 100 1

TANGGAL :

**MENYETUJUI,
DOSEN PEMBIMBING I**

(Prof. Dr. Ir. Hj. SRI ANDAYANI, Ms.)

NIP. 19611106 198602 2 001

TANGGAL :

DOSEN PEMBIMBING II

(Yunita Maimunah, S.Pi, MSc)

NIP. 19780625 200501 2 002

TANGGAL :

**MENGETAHUI,
KETUA JURUSAN**

(Dr. Ir. HAPPY NURSYAM, MS)

NIP. 19600322 198601 1 001

TANGGAL :

RINGKASAN

SARTIKA DEWI M. PENGARUH BUDIDAYA SISTEM AKUAPONIK DENGAN TANAMAN YANG BERBEDA TERHADAP KELULUSHIDUPAN IKAN MAS (*Cyprinus carpio*) (Di bawah bimbingan Prof. Dr. Ir. SRI ANDAYANI, MS. dan YUNITA MAIMUNAH, S.Pi, M.Sc.)

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium *Breeding* dan Reproduksi Hewan Air dan Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dan Bioteknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang pada tanggal 16 April sampai 16 Mei 2011. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pengaruh dari budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda terhadap kelulushidupan ikan Mas (*Cyprinus carpio*).

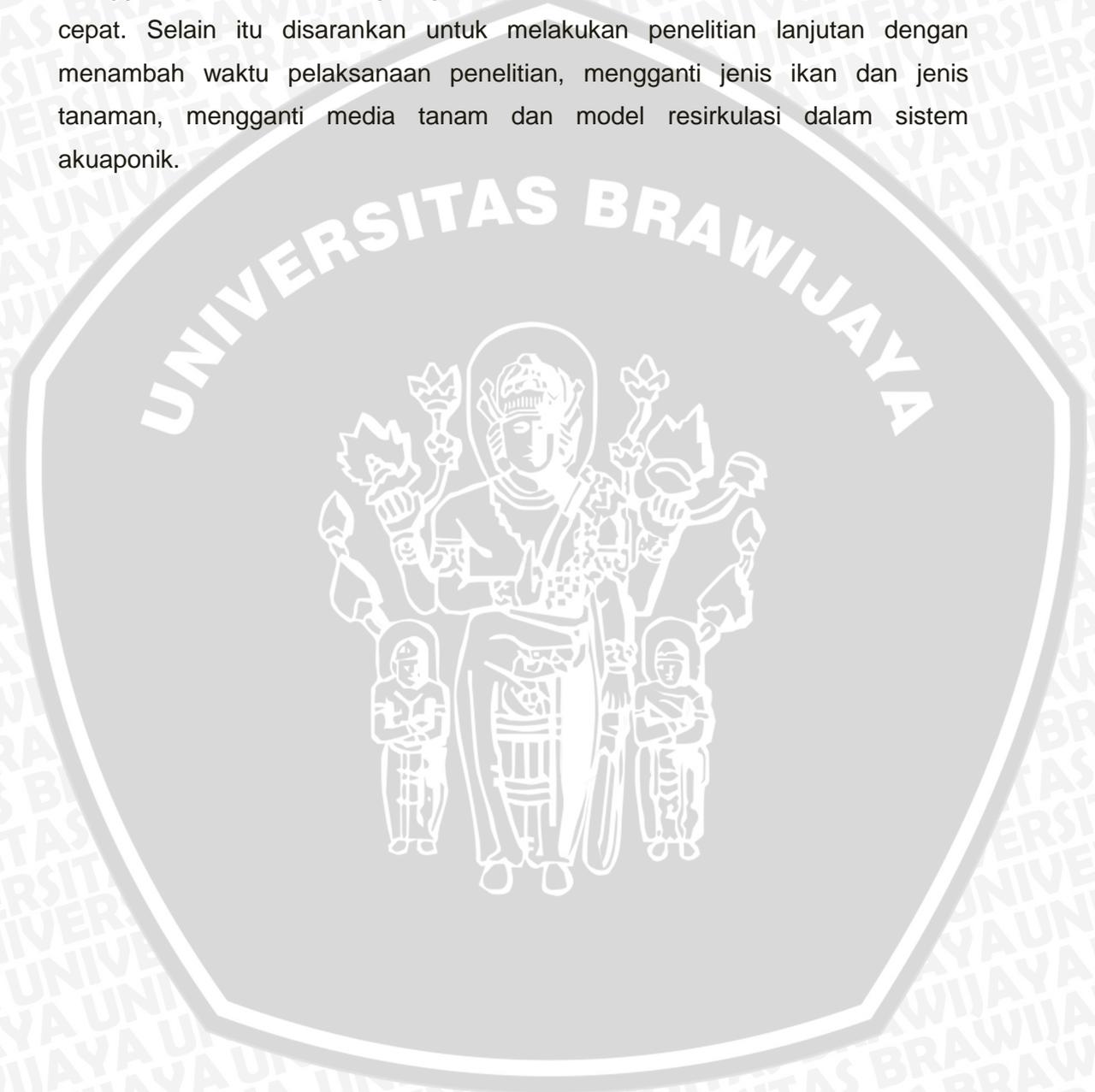
Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini terdiri dari empat perlakuan dan tiga ulangan. Sebagai perlakuan yaitu K (tanpa tanaman), A (Kangkung 50%), B (Sawi 50%) dan C (kangkung (25%) : sawi (25%)). Parameter utama pada penelitian ini adalah kelulushidupan ikan (%), sedangkan parameter penunjangnya yaitu laju pertumbuhan spesifik (SGR) dan parameter kualitas air (suhu, DO, pH, ammonia, nitrat, TOM dan CO₂).

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa rata-rata kelulushidupan ikan (%) benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) setelah penelitian secara berturut-turut yaitu perlakuan C dengan menggunakan tanaman kangkung : sawi (25%:25%) 77,5%, B dengan tanaman sawi (50%) 76,66%, A dengan tanaman kangkung (50%) 75,83% dan yang terendah K tanpa tanaman 75%. Dari hasil penelitian ini ternyata tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*).

Rata-rata laju pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) setelah penelitian yaitu perlakuan A dengan tanaman kangkung (50%) 3,04%, K tanpa tanaman 2,92%, C dengan tanaman kangkung : sawi (25%:25%) 2,81% dan yang terendah B dengan tanaman sawi 2,68%. Hasil pengukuran terhadap kualitas air yaitu suhu 23,90-26,50°C, oksigen terlarut 6,226-6,39 ppm, pH 7,42-

7,676, ammonia 0,186-0,24 ppm, nitrat 0,25-0,31 ppm, TOM 11,936-13,406 ppm, CO₂ 18,64-23,08 ppm. Pada nilai ammonia penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik memberikan pengaruh yang berbeda nyata.

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk menggunakan tanaman kangkung (A) karena pertumbuhan benih ikan mas lebih cepat. Selain itu disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menambah waktu pelaksanaan penelitian, mengganti jenis ikan dan jenis tanaman, mengganti media tanam dan model resirkulasi dalam sistem akuaponik.



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas kasih karunia Nya yang telah memberi kesehatan dan kemampuan dalam menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Skripsi ini memuat hasil penelitian mengenai “Pengaruh Budidaya Sistem Akuaponik Dengan Tanaman Yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)”.

Terwujudnya skripsi ini tidak lepas dari dukungan dan dorongan berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terimakasih kepada :

1. Bapak, Ibu dan Adik-adik saya tercinta yang begitu besar jasanya atas segala kasih sayang, motivasi dan perhatian serta doa pada penulis untuk mencapai kesuksesan.
2. Ibu Prof.Dr.Ir Sri Handayani, Ms selaku dosen pembimbing pertama saya yang telah banyak memberikan dukungan, semangat, kritik dan saran.
3. Ibu Yunita Maimunah, S.Pi. M.Sc selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah banyak memberikan dukungan, semangat, kritik dan saran.
4. Seluruh staf dan teman-teman saya di BP, saya ucapkan terimakasih atas bantuannya

Penulis berharap semoga Tuhan membalas kebaikan yang telah mereka berikan kepada penulis. Penulis menyadari bahwa Laporan Skripsi ini masih jauh dari sempurna, untuk itu saran dan kritik yang sifatnya membangun sangat penulis harapkan demi sempurnanya lagi Laporan Skripsi ini dikemudian hari. Akhirnya, penulis berharap semoga Laporan Skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya.

Malang, Februari

Penulis

UCAPAN TERIMAKASIH

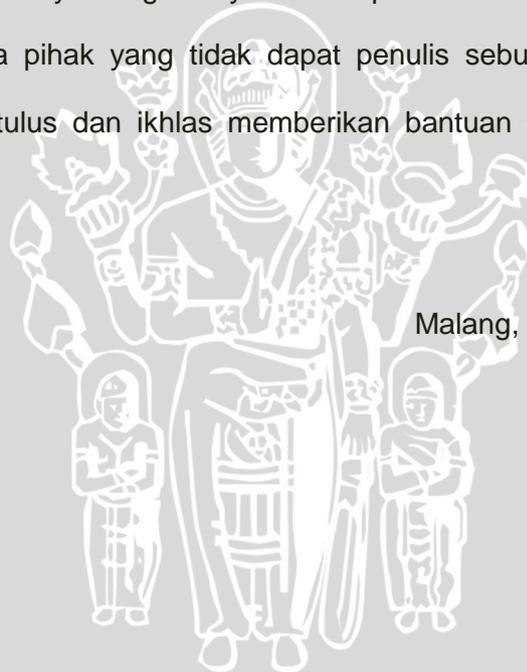
Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga terlaksananya kegiatan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul : **Pengaruh Budidaya Sistem Akuaponik Dengan Tanaman Yang Berbeda Terhadap Kelulushidupan Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)**, maka penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada :

1. Pimpinan Universitas Brawijaya yang telah memberi kesempatan dan izin kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan Program Sarjana, Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
2. Bapak Prof. Dr. Eddy Suprayitno, Ms selaku Dekan Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang.
3. Bapak Dr. Ir. Happy Nursyam, Ms selaku Pimpinan Jurusan Manajemen Sumberdaya Perikanan.
4. Bapak Dr. Ir. Agoes Soeprijanto, Ms sebagai Ketua program Studi Budidaya Perikanan pada Program Sarjana Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya Malang yang telah memberikan dukungan serta fasilitas hingga terselesainya Skripsi ini.
5. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Handayani, Ms selaku dosen pembimbing pertama saya yang telah banyak memberikan dukungan, semangat, kritik dan saran untuk perbaikan skripsi
6. Ibu Yunita Maimunah, S.Pi. M.Sc selaku dosen pembimbing kedua saya yang telah banyak memberikan dukungan, semangat, kritik dan saran untuk perbaikan skripsi

7. Terimakasih untuk Bapak, ibu, dan adik-adik saya tercinta, yang telah mendoakan saya dan tidak henti-hentinya memberikan saya motivasi dan semangat selama ini.
8. Terimakasih kepada Om Udin, Pak Yit dan untuk semua teman-teman yang melakukan penelitian di laboratorium Breeding dan Reproduksi Hewan Air dan laboratorium IIP, terimakasih atas semua bantuan yang telah di berikan kepada penulis selama penelitian.
9. Terimakasih untuk teman – teman ALJ dan Reguler (2006-2009) terutama Felin, Bima Fika, Andika, indah, aulia, dan kepada adik saya Bibah, Tony, Inez, Zia yang menyemangati saya selama penelitian.
10. Kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang dengan tulus dan ikhlas memberikan bantuan dan motivasi bagi penulis.

Malang, Februari 2012

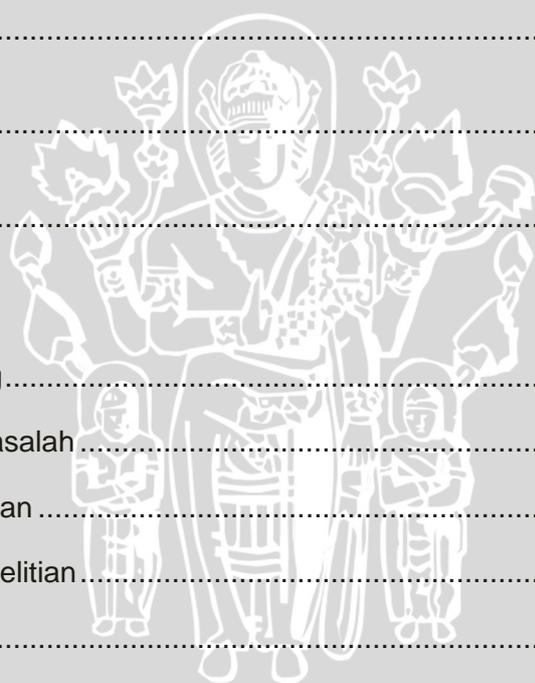
Penulis



DAFTAR ISI

Halaman

RINGKASAN	i
KATA PENGANTAR	iii
UCAPAN TERIMAKASIH	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
I. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Kegunaan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
1.4 Tempat dan Waktu.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Biologi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>).....	5
2.1.1 Klasifikasi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>).....	5
2.1.2 Morfologi Ikan Mas (<i>Cyprinus carpio</i>).....	5
2.1.3 Habitat.....	6

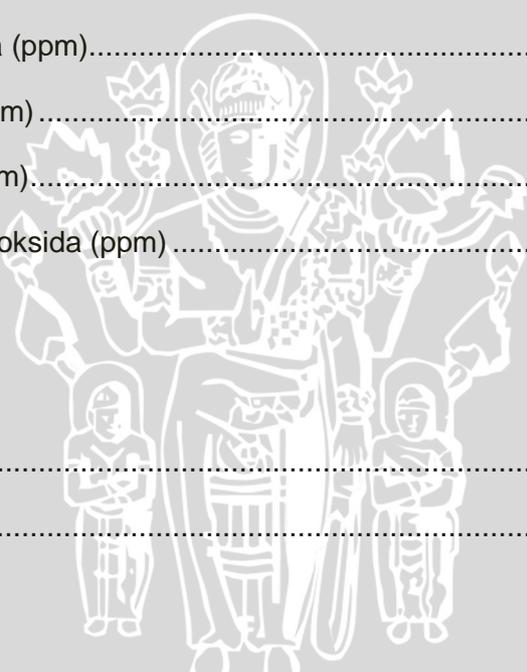


2.1.4 Kebiasaan Makan	7
2.1.5 Kepadatan Akuaponik	7
2.1.6 Pertumbuhan dan Kelulushidupan Ikan Mas	8
2.2 Sistem Akuaponik	9
2.2.1 Sistem Resirkulasi.....	9
2.2.2 Pemilihan Jenis Tanaman	11
2.3 Kualitas Air.....	14
2.3.1 Suhu (°C)	14
2.3.2 Derajat Keasaman (pH).....	15
2.3.3 Oksigen Terlarut (ppm)	17
2.3.4 Ammonia (ppm).....	17
2.3.5 Nitrat (ppm)	18
2.3.6 Karbondioksida (ppm)	20
2.3.7 Total Organik Matter (ppm)	21

III. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian	24
3.1.1 Bahan-bahan Penelitian	24
3.1.2 Alat-alat penelitian.....	24
3.2 Metode Penelitian	25
3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Prosedur Penelitian.....	27
3.4.1 Persiapan Penelitian	27
3.4.2 Pelaksanaan Penelitian.....	27
3.5 Parameter Uji.....	29
3.5.1 Parameter Utama.....	29
3.5.2 Parameter Penunjang	29

3.6 Analisa Data	33
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	
4.1 Kelulushidupan/survival rate (SR)	34
4.2 Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR) Benih Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>).....	36
4.3 Kualitas air	39
4.3.1 Suhu (°C)	40
4.3.2 Derajat Keasaman (pH).....	41
4.3.3 Oksigen Terlarut (ppm)	43
4.3.4 Ammonia (ppm).....	46
4.3.5 Nitrat (ppm)	49
4.3.6 TOM (ppm).....	51
4.3.7 Karbondioksida (ppm)	52
V. KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan	55
5.2 Saran	55
DAFTAR PUSTAKA.....	56
LAMPIRAN.....	61



DAFTAR TABEL

TABEL	HALAMAN
1. Pengaruh suhu (°C) terhadap kehidupan ikan.....	15
2. Pengaruh derajat keasaman Air (pH) terhadap kehidupan ikan	16
3. Pengaruh Oksigen terlarut terhadap kehidupan ikan.....	17
4. Nilai konsentrasi nitrat dalam air	20
5. Metode pengukuran penelitian.....	28
6. Data kelulushidupan benih ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) (%) selama pemeliharaan 30 hari	34
7. Sidik ragam kelulushidupan benih ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>).....	35
8. Laju pertumbuhan benih ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) (%BW/hari)	37
9. Sidik ragam laju pertumbuhan spesifik (SGR) benih ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) (%).....	38
10. Data pengamatan ammonia.....	46
11. Sidik ragam ammonia	47
12. Uji beda nyata (BNT) ammonia.....	47

DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
1. Ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	6
2. Denah Percobaan	26
3. Diagram batang kelulushidupan SR (%) benih ikan mas	35
4. Diagram batang (SGR) benih ikan mas	37
5. Grafik nilai suhu setelah perlakuan	40
6. Grafik nilai pH setelah perlakuan	42
7. Grafik nilai DO setelah perlakuan	44
8. Grafik nilai ammoia setelah perlakuan	46
9. Grafik nilai nitrat setelah perlakuan	49
10. Grafik nilai TOM setelah perlakuan	51
11. Grafik nilai CO ₂ setelah perlakuan	52



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Gambar akuarium	62
2. Gambar ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) dan alat pengukur kualitas air...	63
3. Data dan rancangan acak lengkap kelulushidupan (%) ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>)	64
4. Data dan rancangan acak lengkap laju pertumbuhan SGR ikan mas (<i>Cyprinus carpio</i>) (%BW/hari)	66
5. Data rata-rata suhu (°C) pagi dan suhu (°C) sore selama penelitian .	71
6. Data rata-rata pH pagi dan pH sore selama penelitian	74
7. Data rata-rata DO (ppm) pagi dan DO (ppm) sore	77
8. Data rata-rata ammoia (ppm) selama penelitian	80
9. Data rata-rata nilai nitrat (ppm) selama penelitian	83
10. Data rata-rata nilai TOM(ppm) selama penelitian	85
11. Data rata-rata CO ₂ (ppm)	87

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ikan mas (*Cyprinus carpio*) adalah salah satu jenis ikan budidaya air tawar yang paling banyak dibudidayakan petani baik budi daya pembenihan, pembesaran di kolam perkarangan ataupun air deras. Di kalangan petani maupun masyarakat, ikan mas telah lama dikenal dan disukai (dikonsumsi) sehingga pemasarannya tidaklah sulit (Santoso, 2003).

Ikan mas sebagai ikan konsumsi merupakan salah satu komoditas sektor perikanan air tawar yang terus berkembang pesat. Ikan mas banyak diminati konsumen karena rasa dagingnya yang enak dan gurih serta memiliki kandungan protein yang cukup tinggi. Permintaan konsumsi ikan mas dari tahun ke tahun cenderung meningkat terutama di kota-kota besar seperti Jakarta, Surabaya dan Bandung (Khairuman *et al.*, 2002).

Seiring dengan makin pesatnya laju pembangunan maka salah satu konsekuensi yang harus dihadapi adalah semakin menyusutnya sumber air khususnya di daerah perkotaan. Padahal, air menjadi salah satu komponen yang dapat digunakan untuk mendukung aktivitas sehari-hari manusia, salah satunya dalam bidang perikanan. Sistem teknologi akuaponik merupakan salah satu alternatif pemecahan yang dapat diterapkan untuk mengatasi masalah keterbatasan air tersebut. Akuaponik salah satu teknologi terapan hemat lahan dan air yang dikombinasikan

dengan berbagai tanaman sayuran sehingga dapat dijadikan sebagai suatu model perikanan perkotaan (Nugroho, 2008).

Lahan dan air sebagai media budidaya merupakan faktor kunci dalam menjalankan usaha budidaya perikanan, namun ketersediaan dua faktor tersebut hanya terbatas pada wilayah tertentu saja. Masalah tersebut dapat dipecahkan melalui pengembangan suatu paket teknologi pemanfaatan lahan khususnya wilayah perkotaan dengan sumber air yang terbatas. Akuaponik merupakan teknologi budidaya hemat sumberdaya air dan diperlukan untuk mengurangi jumlah air yang dibuang ke lingkungan perairan dengan nutrien yang terlarut didalamnya. Teknologi yang digunakan terpadu antara tanaman sayuran dan ikan dengan menggunakan sistem resirkulasi dengan sasaran menghasilkan protein ikan sekaligus sayuran. Akuaponik sebagai teknologi produksi yang memanfaatkan kembali air media budidaya memiliki beberapa keuntungan diantaranya biaya produksi yang rendah, produktivitas dan keuntungan usaha lebih tinggi, mampu mengelimir pencemaran lingkungan, hemat lahan dan air, dapat dilakukan dekat lokasi pusat pemasaran dan dapat diaplikasikan pada berbagai jenis sayuran (Listyanto, 2008).

Secara sederhana akuaponik dapat digambarkan sebagai kombinasi dari akuakultur dan hidroponik, dari sinilah nama akuaponik berasal. Fokus dalam Akuakultur adalah memaksimalkan pertumbuhan ikan di dalam tangki atau kolam pemeliharaan. Ikan biasanya ditebar pada tangki atau kolam dengan kepadatan yang tinggi. Tingkat penebaran yang tinggi ini berarti bahwa air untuk budidaya menjadi mudah tercemar oleh

kotoran ikan. Kotoran ikan ini berbentuk Ammonia yang beracun bagi ikan (Rusdy, 2010).

Berkaitan dengan hal diatas, maka perlu dilaksanakan penelitian tentang pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda terhadap pertumbuhan ikan mas (*Cyprinus carpio*), dimana Ikan mas merupakan salah satu komoditas sektor perikanan air tawar yang terus berkembang pesat dari waktu ke waktu, jika disimak dari aspek pasarnya, terlihat adanya kecenderungan peningkatan ikan mas konsumsi dari tahun ke tahun. Pada budidaya ikan mas, tingginya kandungan ammonia yang berasal dari kotoran (feses) dan sisa pakan pada media budidaya merupakan masalah yang harus ditangani agar kualitas air budidaya tetap terjaga dengan baik. Pada sistem budidaya secara akuaponik, ammonia akan diserap oleh tanaman dalam bentuk nitrat sehingga kadar ammonia dalam media budidaya dapat berkurang. Beberapa tanaman yang dapat digunakan dalam sistem budidaya akuaponik yaitu kangkung dan sawi karena tanaman tersebut tidak memiliki akar yang kuat, memerlukan banyak air dalam pertumbuhannya, bernilai ekonomis dan kebutuhan pasokan dipasaran relatif tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Perbandingan jumlah ikan dan air di lingkungan budidaya umumnya lebih banyak dibandingkan dengan jumlah ikan dan air di alam. Akibatnya material sisa metabolisme yang dikeluarkan (feses dan urin) menjadi meningkat. Dengan teknologi akuaponik, kualitas air dapat dipertahankan dan mendukung pertumbuhan serta aktivitas bakteri dalam

merombak ammonia menjadi senyawa yang tidak berbahaya bagi kelangsungan hidup ikan. Berdasarkan hal tersebut maka timbul pertanyaan yaitu : Apakah penggunaan sistem akuaponik dapat mempengaruhi kelulushidupan ikan mas (*Cyprinus carpio*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui adanya pengaruh dari budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda terhadap kelulushidupan ikan mas (*Cyprinus carpio*).

1.4 Kegunaan Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi yang berguna bagi masyarakat mengenai sistem budidaya akuaponik dan tanaman yang digunakan dalam sistem ini dapat berpengaruh terhadap kelulushidupan ikan mas.

1.5 Hipotesis

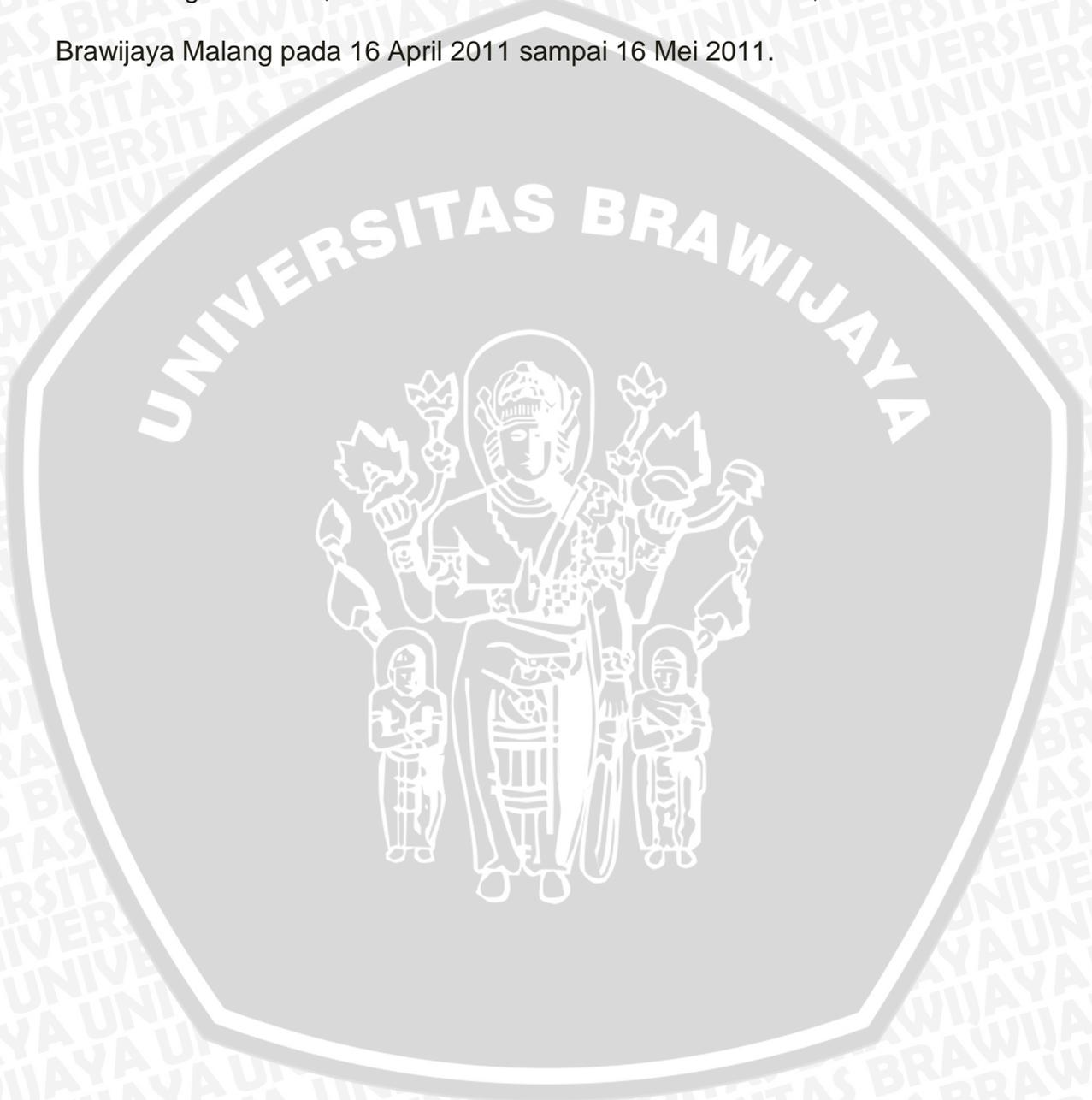
H0 : Diduga budidaya sistem akuaponik dengan tanaman berbeda tidak

berpengaruh terhadap kelulushidupan ikan mas (*Cyprinus carpio*)

H1 : Diduga budidaya sistem akuaponik dengan tanaman berbeda berpengaruh terhadap kelulushidupan ikan mas (*Cyprinus carpio*)

1.6 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium *Breeding* dan Reproduksi Hewan Air dan Laboratorium Ilmu-ilmu Perairan dan Bioteknologi Kelautan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya Malang pada 16 April 2011 sampai 16 Mei 2011.



II. TINJAUAN PUSTAKA

2. 1 Biologi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

2.1.1 Klasifikasi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

Menurut Khairuman *et al.*, (2002) klasifikasi ikan mas (*Cyprinus carpio*)

adalah sebagai berikut :

Phyllum	: Chordata
Subphyllum	: Vertebrata
Superclass	: Pisces
Class	: Osteichthyes
Subclass	: Actinopterygii
Ordo	: Cypriniformes
Subordo	: Cyprinoidea
Family	: Cyprinidae
Subfamily	: Cyprininae
Genus	: <i>Cyprinus</i>
Species	: <i>Cyprinus carpio</i> , L

2.1.2 Morfologi Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

Bentuk tubuh ikan mas agak memanjang dan memipih ke samping (compressed). Mulutnya terletak di ujung tengah (terminal) dan dapat disembulkan (protaktil). Bagian ujung mulut memiliki dua pasang sungut. Di ujung dalam mulut terdapat gigi kerongkongan yang tersusun dari tiga

baris gigi geraham. Secara umum, hampir seluruh tubuh ikan mas ditutupi oleh sisik (Khairuman *et al.*, 2002).

Ikan Mas memiliki sisik besar bertipe cycloid. Usus umumnya tidak begitu panjang jika dibandingkan dengan hewan pemakan tumbuh-tumbuhan asli. Ikan mas tidak mempunyai lambung, juga tidak bergigi/ompong, sehingga bila mencerna makanan sebagai pengganti penggerusnya adalah dengan pharing mengeras atau gigi faring (Santoso, 1993). Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dapat dilihat pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) (Anonymous^a, 2010)

2.1.3 Habitat

Ikan mas adalah ikan air tawar yang habitat aslinya adalah perairan dangkal dengan arus air yang tidak begitu deras, di sungai, danau, rawa-rawa, waduk, dan genangan air lainnya (Kordi, 2009). Meskipun tergolong ikan air tawar, ikan mas terkadang di temukan diperairan payau atau muara sungai yang bersalinitas (kadar garam) 25-30% (Khairuman *et al.*, 2002).

Ikan mas dapat tumbuh normal jika lokasi pemeliharaan berada pada ketinggian antara 150-1000 meter di atas permukaan laut, suhu air 20°-25° C, pH air antara 7-8. Kebiasaan lain ikan mas di alam adalah selalu mencari tempat yang aman (terutama di tempat yang di tumbuh rumput) karena sifat telur ikan menempel (*adhesif*). Di Negara Indonesia, para petani mempergunakan ijuk sebagai alat penempel telur yang lazim disebut kakaban. Selain ijuk dapat pula menggunakan bahan lain misalnya tali rafia atau tumbuhan air eceng gondok (*Echornia crasipes*) (Anonymous^e, 2011). Menurut Arie (2008), secara alami, ikan ini bisa memijah pada suhu 22-30°C. Pemijahan yang baik pada suhu 25-30°C. Pada suhu 14°C dan diatas 38°C, kehidupan ikan mas mulai terganggu dan akan mati pada suhu 6°C dan 42°C.

2.1.4 Kebiasaan Makan

Ikan mas termasuk pemakan segala. Pada umur muda (ukuran 10 cm), ikan mas senang memakan jasad hewan atau tumbuhan yang hidup di dasar perairan. Ikan mas juga suka mengaduk-aduk dasar kolam untuk mencari makanan yang bisa di dimanfaatkan seperti larva serangga, cacing-cacingan dan sebagainya (Santoso,1993).

Menurut Khairuman *et al.*, (2002), ikan mas tergolong jenis omnivora, yakni ikan yang dapat memangsa berbagai jenis makanan, baik yang berasal dari tumbuhan maupun binatang renik. Namun, makanan utamanya adalah tumbuhan dan binatang yang terdapat di dasar dan di tepi perairan.

2.1.5 Kepadatan Akuaponik

Ukuran ikan yang digunakan dalam sistem ini tergantung pada sasaran produksi yang diinginkan. Pada umumnya ukuran ikan mas yang dipelihara sekitar 10-50 g per ekor. Padat tebar yang digunakan pada pemeliharaan ikan mas berkisar 20 ekor per m² untuk benih ikan mas ukuran 50 g dan 100 ekor per m² untuk ukuran benih ikan mas 10 g (Nugroho, 2008). Menurut Nuryadi (2009), ikan yang ditebar dalam kolam adalah ikan mas (*Cyprinus carpio*) dengan rata-rata berat individu 20 g dengan padat tebar 20 ekor/m³.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Saptarini (2010), ikan yang digunakan ialah ikan mas dengan rata-rata berat individu 18,3 gram dengan padat tebar 20 ekor/m³. Hasil ikan yang diproduksi di kolam akuaponik memiliki berat rata-rata sebesar 62,4 gram dengan nilai SR sebanyak 81,9%, sedangkan ikan yang diproduksi di kolam konvensional memiliki berat rata-rata sebesar 53,6 gram dengan nilai SR sebanyak 49,9%.

2.1.6 Pertumbuhan dan Kelulushidupan Ikan Mas

Menurut Fujaya (2004), pertumbuhan adalah penambahan ukuran, baik panjang maupun berat. Menurut Handajani (2010), faktor yang mempengaruhi dalam variasi pertumbuhan ikan adalah dari faktor ikannya sendiri, lingkungan dan makanan yang diberikan. Dari beberapa faktor tersebut seberapa jauh akan mempengaruhi pertumbuhan bagi ikan seperti misalnya faktor kualitas air yang meliputi suhu, oksigen, dan amoniak (NH₃), pengaruh dari ikannya sendiri meliputi spesies ikan, umur

dalam hal ini berpengaruh terhadap pemanfaatan makanan yang diberikan, kemampuan ikan untuk mencerna makanan dalam setiap tahap pertumbuhannya.

Pertumbuhan panjang tubuh ikan seiring dengan pertumbuhan berat tubuh ikan itu sendiri. Setiap pertumbuhan berat ikan akan bertambah pula panjangnya. Dapat dikatakan bahwa berat ikan yang ideal sama dengan pangkat tiga dari panjangnya dan dalam hal ini berlaku untuk ikan kecil atau besar. Pertumbuhan panjang tubuh ikan mas terjadi karena pakan yang diberikan dapat dimanfaatkan dan sesuai dengan kebutuhan ikan mas. Pertambahan panjang tubuh ikan mas dipengaruhi oleh faktor genetika masing-masing individu, jenis strain, jenis ikan serta faktor lingkungan terutama pakan. Pertambahan panjang tubuh ikan mas terutama didukung oleh kandungan protein dari bahan pakan. Pada ikan kebutuhan protein relatif lebih tinggi 2-3 kali dibandingkan dengan mamalia (Patriono, *et al.*, 2009).

Faktor padat penebaran berhubungan dengan jumlah dan berat ikan yang ada dalam satuan luas atau volume perairan. Penebaran ikan yang terlalu padat akan menghalangi pertumbuhan ikan. Hal ini disebabkan: 1) besarnya tingkat kompetisi antar individu terhadap makanan, ruang gerak dan konsumsi oksigen, 2) besarnya kandungan bahan buangan yang terkumpul dalam perairan yang dapat mengganggu ikan, seperti karbohidrat atau amoniak (Alit, 2009).

Kelangsungan hidup atau sintasan (*survival rate*) adalah persentase jumlah biota budidaya yang hidup dalam kurun waktu tertentu.

Seperti pertumbuhan, banyak faktor yang dapat berpengaruh terhadap kelangsungan hidup seperti padat penebaran, pakan, lingkungan (kualitas air), kualitas benih, hama, dan penyakit (Kordi, 2009).

2.2 Sistem Akuaponik

Akuaponik yaitu memanfaatkan secara terus menerus air dari pemeliharaan ikan ke tanaman dan sebaliknya dari tanaman ke kolam ikan. Inti dasar dari sistem teknologi ini adalah penyediaan air yang optimum untuk masing-masing komoditas dengan memanfaatkan sistem resirkulasi. Sistem teknologi akuaponik ini muncul sebagai jawaban atas adanya permasalahan semakin sulitnya mendapatkan sumber air yang sesuai untuk budidaya ikan, khususnya di lahan yang sempit, akuaponik yang merupakan salah satu teknologi hemat lahan dan air yang dapat dikombinasikan dengan berbagai tanaman sayuran (Anonymous^c, 2011). Menurut Widyastuti (2008), akuaponik merupakan suatu teknologi budidaya yang mengintegrasikan pemeliharaan ikan dan tanaman sayuran. Sistem ini diharapkan dapat dijadikan suatu model perikanan perkotaan, sekaligus dapat diterapkan sebagai bagian dari tata kota.

2.2.1 Sistem Resirkulasi

Sistem resirkulasi yang dimaksud di sini adalah memanfaatkan kembali air yang telah digunakan dalam budidaya ikan dengan filter biologi dan fisika berupa tanaman dan medianya. Sistem resirkulasi secara ringkasnya dapat digambarkan sebagai berikut. Air yang berasal dari wadah pemeliharaan ikan dialirkan dengan menggunakan pompa air ke

filter yang juga berfungsi sebagai tempat untuk menanam tanaman, kemudian air yang sudah difilter tersebut dialirkan kembali ke dalam kolam ikan secara gravitasi. Demikian proses resirkulasi berlangsung secara terus-menerus. Penambahan air dari luar hanya dilakukan pada saat tertentu untuk menjaga agar ketinggian air kolam tidak berkurang. Selain kerikil, batu apung juga dapat digunakan sebagai media penyaringan air. Jumlah luasan filter yang digunakan adalah 25% dari permukaan wadah pemeliharaan ikan (Nugroho, 2008).

Dari hasil penelitian Taufik *et al.*, (2008) dalam penerapannya pada skala komersial, efektivitas budidaya ikan dengan sistem akuaponik sangat dipengaruhi oleh interval waktu resirkulasi air. Hal tersebut secara teoritis akan mempengaruhi pengangkutan, pendistribusian serta dekomposisi kotoran dari kolam, yaitu berupa sisa pakan dan sisa metabolisme ikan, yang akan dimanfaatkan sebagai pupuk (terutama unsur N dan P) untuk tanaman sayuran.

Berdasarkan penelitian Nuryadi (2009), menyatakan bahwa teknologi resirkulasi dan akuaponik terbukti menghasilkan ikan pada lahan sempit dan sumber air terbatas, termasuk di daerah perkotaan. Teknologi ini pada prinsipnya disamping menghemat pemakaian air juga meningkatkan efisiensi usaha melalui pemanfaatan hara dari sisa pakan dan metabolisme. Teknik resirkulasi air dalam budidaya sistem akuaponik memiliki beberapa keuntungan, anatara lain efisiensi penggunaan air dan pengurangan pencemaran limbah hasil buangan ke perairan umum. Dalam percobaan pemeliharaan ikan patin dalam kolam yang dirancang

dengan sistem resirkulasi dan akuaponik mampu menghasilkan 220 g ikan/m³ air ditambah 15 kg kangkung, 6 kg slada dan 6 kg pakchoi m² substrat filter selama dua bulan.

2.2.2 Pemilihan Jenis Tanaman

Menurut Ahmad (2008), sayuran yang ditanam umumnya jenis yang tahan air seperti kangkung (*Ipomea aquatica*), salada (*Lactuca sativa*), pakchoi (*Brassica chinensis*) bahkan tomat (*Lycopersicon esculantum*).

Nugroho (2008), menyatakan bahwa tanaman yang umumnya memerlukan air secara terus-menerus baik digunakan dalam sistem akuaponik. Beberapa jenis tanaman yang sudah dicoba dan berhasil cukup baik adalah kangkung, tomat, sawi, dan fetchin atau pakchoi. Tanaman dengan akar yang tidak terlalu kuat merupakan salah satu syarat untuk dipelihara dalam sistem akuaponik dengan menggunakan sistem filter yang sederhana. Sementara tanaman dengan akar yang kuat dan mempunyai ukuran besar tidak dianjurkan untuk dipelihara karena dapat merusak bak filternya.

a. Kangkung

Menurut Anonymous^a (2011), kedudukan tanaman kangkung dalam tata nama (sistematika) tumbuhan diklasifikasikan ke dalam :

Kingdom : Plantae (Tumbuhan)

Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)

Super Divisi	: Spermatophyta (Menghasilkan biji)
Divisi	: Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)
Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: Asteridae
Ordo	: Solanales
Famili	: <u>Convolvulaceae</u> (suku kangkung-kangkungan)
Genus	: <u>Ipomoea</u>
Spesies	: <i>Ipomoea reptana</i> Poir (kangkung darat), <i>Ipomoea reptana</i> Poir (Kangkung air)

Kangkung merupakan tanaman menetap yang dapat tumbuh lebih dari satu tahun. Batang tanaman berbentuk bulat panjang, berbuku-buku, banyak mengandung air (*herbaceous*) dan berlubang-lubang. Batang tanaman kangkung tumbuh merambat atau menjalar dan percabangannya banyak. Tanaman kangkung memiliki sistem perakaran tunggang dan cabang-cabang akarnya menyebar kesemua arah dapat menembus tanah sampai kedalaman 60-100 cm dan melebar secara mendatar pada radius 100-150 cm atau lebih, terutama pada jenis kangkung air. Tangkai daun melekat pada buku-buku batang dan di ketiak daunnya terdapat mata tunas yang dapat tumbuh menjadi percabangan baru. Bentuk daun umumnya seperti jantung hati, ujung daun runcing ataupun tumpul, permukaan daun sebelah atas berwarna hijau-tua, dan permukaan daun bagian bawah berwarna hijau-muda. Selama fase pertumbuhannya, tanaman kangkung dapat berbunga, berbuah dan berbiji, terutama jenis kangkung darat. Bentuk bunga seperti "terompet" dan daun mahkota

bunga berwarna putih atau merah-lembayung. Buah kangkung berbentuk bulat-telur yang di dalamnya berisi tiga butir biji. Bentuk biji kangkung bersegi-segi atau agak bulat, berwarna coklat atau kehitam-hitaman, dan termasuk biji berkeping dua. Pada jenis kangkung darat, biji kangkung berfungsi sebagai alat perbanyakan tanaman secara generatif (Rukmana, 1994) .

Kangkung darat (*Ipomoea reptana*) sering disebut juga kangkung cina yang tumbuh secara alami di sawah, rawa atau parit. Kangkung merupakan tanaman yang tumbuh cepat dan memberikan hasil dalam waktu 4-6 minggu sejak dari benih. Sitem akuaponik dengan kangkung darat sebagai filter, ternyata cukup efektif untuk memanfaatkan N dan P hasil limbah budidaya tersebut (Nuryadi, 2009).

Menurut Kusdiarti (2006), sayuran yang dipakai filter dalam penelitian ini adalah kangkung, dengan cara disemai dulu di tanah baru setelah mencapai panjang 7 cm baru di tanam sebagai filter, perlakuan yang di pakai adalah ukuran filter tanaman yaitu 0%; 25%; dan 50% dari luas wadah.

b. Sawi

Menurut klasifikasi dalam tata nama (sistematika) tumbuhan, Anonymous^b (2011) sawi termasuk ke dalam :

- Kingdom : Plantae (Tumbuhan)
- Subkingdom : Tracheobionta (Tumbuhan berpembuluh)
- Super Divisi : Spermatophyta (Menghasilkan biji)
- Divisi : Magnoliophyta (Tumbuhan berbunga)

Kelas	: Magnoliopsida (berkeping dua / dikotil)
Sub Kelas	: Dilleniidae
Ordo	: Capparales
Famili	: <u>Brassicaceae</u> (suku sawi-sawian)
Genus	: <u>Brassica</u>
Spesies	: <i>Brassica juncea</i> (L.) Czern.

Sistem perakaran tanaman sawi memiliki akar tunggang dan cabang-cabang akar yang bentuknya bulat panjang (*silindris*) menyebar kesemua arah pada kedalaman 30-50 cm. Akar-akar ini berfungsi antara lain mengisap air dan zat makanan dari dalam tanah, serta menguatkan berdirinya batang tanaman. Batang sawi pendek yaitu berkisar antara 10-15 cm dan beruas-ruas dan batang ini berfungsi sebagai alat pembentuk dan penopang daun. Pada umumnya daun-daun sawi bersayap atau lebar memanjang, yaitu berkisar antara 16-20 cm, tipis dan berwarna hijau. Tangkai daunnya panjang yang berkisar antara 10-15 cm, langsing dan berwarna putih kehijauan. Bunga tanaman sawi tergolong bunga sempurna dengan tipe recemosa yaitu bunga mekar dimulai dari bawah keatas . Struktur bunga tanaman sawi tersusun dalam tangkai bunga, tumbuh memanjang dan bertangkai banyak. Tiap kuntum bunga terdiri atas empat helai daun kelopak, empat helai daun mahkota berwarna kuning cerah, empat helai benang sari dan satu buah putik yang berongga dua. Buah sawi bentuknya memanjang dan berongga, berisi 2-8 butir biji yang berbentuk bulat berwarna coklat atau dan berongga, berisi 2-8 butir biji yang berbentuk bulat berwarna coklat atau coklat kehitam-hitaman dan

berukuran kecil. Permukaannya licin dan mengkilap dan agak keras (Rukmana,1994).

Berdasarkan hasil penelitian Nuryadi (2009), pemanfaatan sumber air dari budidaya lele untuk pemeliharaan sawi sebanyak 122 g tanaman sawi/pot selama 4 bulan pemeliharaan lele dapat dilakukan 2 periode panen dengan produksi 1662 g sawi/pot. Sedangkan penelitian yang dilakukan oleh Sumoharjo (2010), menggunakan tanaman sawi dengan rasio kepadatan terhadap jumlah air keseluruhan dalam sistem adalah 3,8 liter/batang (30 batang). Bibit sawi yang digunakan adalah yang telah berumur 3 minggu dengan bobot rata-rata 0,2 gram.

2.3 Kualitas Air

2.3.1 Suhu (°C)

Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, karena itu penyebaran organisme baik di lautan maupun di perairan air tawar dibatasi oleh suhu perairan tersebut. Suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air (Kordi, 2007).

Menurut Jubaedah (2006), suhu merupakan faktor utama yang mempengaruhi proses fisika kimia yang terjadi di dalam perairan. Suhu air secara tidak langsung akan mempengaruhi kelarutan oksigen dan secara langsung mempengaruhi proses kehidupan organisme. Perubahan suhu air akan langsung mempengaruhi derajat metabolisme ikan. Bagi ikan perubahan suhu perairan sekitarnya merupakan faktor pemberi tanda secara alamiah yang menentukan di mulainya proses pemijahan.

Menurut hukum Van't Hoffs, kenaikan suhu sebesar 10 °C (hanya pada kisaran suhu yang masih ditolerir) akan mengakibatkan laju metabolisme dari organisme sebesar 2-3 kali lipat. Akibat meningkatnya laju metabolisme, akan menyebabkan konsumsi oksigen meningkat, sementara dilain pihak dengan naiknya suhu akan menyebabkan kelarutan oksigen dalam air menjadi berkurang (Barus, 2002).

Menurut Andayani (2005), Spesies daerah tropis dan subtropis tidak akan tumbuh secara baik ketika suhu berada di bawah 26 atau 28 °C dan suhu air di bawah 10 atau 15°C akan mematikan spesies tersebut. Spesies yang di hidup di air hangat pada iklim panas berkembang dengan baik berada diantara suhu 20 dan 28°C tetapi mereka akan bertahan hidup mendekati suhu 0°C. Perkembangan terbaik untuk spesies yang hidup di air dingin berada pada suhu di bawah 20°C, dan mereka akan mati ketika suhu melebihi 25°C. Untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kehidupan ikan disajikan Tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh Suhu (°C) terhadap kehidupan ikan

°C)	Kisaran Suhu (°C)	Pengaruh Terhadap kehidupan Ikan
	5 – 10	Ikan tidak dapat hidup
	10 – 15	Ikan tropis tidak dapat berkembangbiak
	15 – 20	Kecepatan metabolisme menurun
	20 – 25	Ikan mas dapat tumbuh dengan normal
	25 – 32	Ikan tropis tumbuh dengan baik
	34 – 36	Suhu lethal

(Sumber: Wibowo, 2002)

2.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Sebagian besar biota akuatik sensitif terhadap perubahan pH dan menyukai nilai pH sekitar 7-8,5. Nilai pH sangat mempengaruhi proses

biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi akan berakhir jika pH rendah (Effendi, 2003).

Menurut Izzati (2009), perubahan pH ditentukan oleh aktivitas fotosintesis dan respirasi dalam ekosistem. Fotosintesis memerlukan karbondioksida, yang oleh komponen autotrof akan diubah menjadi monosakarida. Penurunan karbon dioksida dalam ekosistem akan meningkatkan pH perairan. Sebaliknya, proses respirasi oleh semua komponen ekosistem akan meningkatkan jumlah karbon dioksida, sehingga pH perairan menurun. Nilai pH perairan merupakan parameter yang dikaitkan dengan konsentrasi karbon dioksida (CO_2) dalam ekosistem. Semakin tinggi konsentrasi karbon dioksida, pH perairan semakin rendah. Konsentrasi karbondioksida ditentukan pula oleh keseimbangan antara proses fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis merupakan proses yang menyerap CO_2 , sehingga dapat meningkatkan pH perairan. Sedangkan respirasi menghasilkan CO_2 kedalam ekosistem, sehingga pH perairan menurun. Pengaruh derajat keasaman air (pH) terhadap kehidupan ikan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Pengaruh derajat keasaman air (pH) terhadap kehidupan ikan

Kisaran pH	Pengaruh terhadap kehidupan
4 – 5	Tingkat keasaman yang mematikan dan tidak ada produksi
4 – 6,5	
6,5 – 9	Pertumbuhan lambat
>11	Baik untuk produksi
	Tingkat alkalinitas mematikan

(Sumber: Wibowo, 2002)

Sebagian besar ikan dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan perairan yang mempunyai derajat keasaman (pH) berkisar antara 5-9. Untuk sebagian besar spesies ikan air tawar, pH yang cocok berkisar antara 6,5-7,5 (Liviawaty, 1992).

2.3.3 Oksigen Terlarut (ppm)

Di perairan tawar, kadar oksigen terlarut berkisar antara 15 mg/l pada suhu 0 °C dan 8 mg/l pada suhu 25 °C, sedangkan di perairan laut berkisar antara 11 mg/l pada suhu 0 °C dan 7 mg/l pada suhu 25 °C. Kadar oksigen terlarut pada perairan alami biasanya kurang dari 10 mg/l (Effendi, 2003).

Sumber utama oksigen dalam suatu perairan berasal dari suatu proses difusi dari udara bebas dan hasil fotosintesis organisme yang hidup dalam perairan tersebut (Salmin, 2005).

Jubaedah (2006), menyatakan oksigen di dalam air berguna untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme air lainnya. Kadar oksigen terlarut di perairan yang ideal bagi pertumbuhan ikan dewasa adalah > 5 mg/l. Pada kisaran 4–5 mg/l ikan masih dapat bertahan tetapi pertumbuhannya terhambat. Di waduk pada musim kemarau kadar oksigen terlarut akan tinggi pada bagian permukaan, sedangkan pada bagian dasar kadar oksigen rendah. Pengaruh konsentrasi oksigen terlarut dalam air terhadap kehidupan ikan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Oksigen Terlarut Terhadap Kehidupan Ikan

Kisaran Oksigen Terlarut (mg/l)	Pengaruh Terhadap Kehidupan
0 – 0,3	Ikan kecil bertahan hidup dalam waktu yang singkat
0,3 – 1,0	Mematikan ikan jika dibiarkan terlalu lama
1,0 – 5,0	Ikan bertahan hidup, tetapi pertumbuhannya lambat jika dibiarkan terlalu lama
>5,0	Kisaran yang diinginkan

(Sumber: Wibowo, 2002)

2.3.4 Ammonia (ppm)

Feses dari biota akuatik yang merupakan limbah aktivitas metabolisme juga banyak mengeluarkan ammonia. Ammonia bebas (NH_3) yang tidak terionisasi (*unionized*) bersifat toksik terhadap organisme akuatik. Toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut, pH, dan suhu (Effendi, 2003).

Ammonia berada dalam air karena penumpukan kotoran biota budidaya dan hasil kegiatan jasad renik di dalam pembusukan bahan organik yang kaya akan nitrogen (protein). Di dalam air ammonia terdapat dalam dua bentuk, yaitu NH_4^+ atau biasa disebut *Ionized Ammonia* (IA) yang kurang beracun dan NH_3 atau *Unionized Ammonia* (UIA) yang beracun. Makin tinggi pH air tambak/kolam, maka daya racun ammonia semakin meningkat sebab sebagian besar berada dalam bentuk NH_3 , sedangkan ammonia dalam bentuk molekul (NH_3) lebih beracun dari pada yang berbentuk ion (NH_4^+) (Kordi, 2009).

Organisme pengurai aerobik umumnya terdiri dari mikroorganisme seperti bakteri yang selalu bekerja di dalam air, menguraikan senyawa-

senyawa organik menjadi karbondioksida dan air. Bakteri lain mengubah amoniak dan nitrit menjadi nitrat. Untuk semua proses ini dibutuhkan oksigen. Jika jumlah bahan organik dalam air hanya sedikit, maka bakteri aerob akan dapat dengan mudah menguraikannya tanpa mengganggu keseimbangan oksigen dalam air. Tetapi jika jumlah bahan organik tersebut banyak maka bakteri pengurai ini akan melipatgandakan diri (Nasution, 2008).

2.3.5 Nitrat (ppm)

Senyawa nitrat dan fosfat secara alamiah berasal dari perairan itu sendiri melalui proses-proses penguraian pelapukan ataupun dekomposisi tumbuh-tumbuhan, sisa-sisa organisme mati dan buangan limbah baik limbah daratan seperti domestik, industri, pertanian, dan limbah peternakan ataupun sisa pakan yang dengan adanya bakteri terurai menjadi zat hara (Ulqodry, *et al.*, 2010).

Nitrat adalah merupakan zat nutrisi yang dibutuhkan oleh tumbuhan untuk dapat tumbuh dan berkembang, sementara nitrit merupakan senyawa toksik yang dapat mematikan organisme air. Dalam kondisi dimana konsentrasi oksigen terlarut sangat rendah dapat terjadi proses kebalikan dari *nitrifikasi* yaitu proses *denitrifikasi* dimana nitrat melalui nitrit akan menghasilkan nitrogen bebas yang akhirnya akan lepas ke udara atau dapat juga kembali membentuk amonium/ammonia melalui proses *ammonifikasi nitrat* sebagai berikut (Barus, 2002) :



Menurut Sasongko (2006), nitrogen dalam air dapat berada dalam berbagai bentuk yaitu nitrit, nitrat, amonia atau N yang terikat oleh bahan organik atau anorganik. Nitrit biasanya tidak bertahan lama dan merupakan keadaan sementara proses oksidasi antara amonia dan nitrat yang dapat terjadi dalam air sungai, instalasi air buangan dan sebagainya. Sedangkan nitrat adalah bentuk senyawa yang stabil dan keberadaannya berasal dari buangan pertanian, pupuk, kotoran hewan dan manusia dan sebagainya. Keberadaan nitrit dalam jumlah tertentu dapat membahayakan kesehatan karena dapat bereaksi dengan haemoglobin dalam darah, hingga darah tidak dapat mengangkut oksigen lagi. Sedangkan nitrat pada konsentrasi tinggi dapat menstimulasi pertumbuhan ganggang yang tak terbatas, sehingga air kekurangan oksigen terlarut yang bisa menyebabkan kematian ikan.

Nitrat merupakan produk akhir dari oksidasi amoniak. Nitrat ini merupakan substansi yang dapat ditoleransi oleh kebanyakan ikan sehingga keberadaannya dapat diabaikan. Namun, bagi hewan avertebrata seperti udang, nitrat ini tidak tertoleransi. Pengguna nitrat adalah tanaman dan alga karena berfungsi sebagai pupuk untuk pertumbuhannya (Lesmana, 2005). Menurut Widodo (2008), kadar konsentrasi nitrat di dalam perairan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai konsentrasi nitrat dalam air

KONSENTRASI NITRAT (ppm)	KLAS PENCEMARAN	KRITERIA PENCEMARAN
0 – 5	I	Rendah
5 – 10	II	Sedang
>10	III	Tinggi

Nitrat (NO_3) adalah bentuk utama nitrogen di perairan alami dan merupakan nutrisi utama bagi pertumbuhan tanaman dan algae. Nitrat nitrogen sangat mudah larut dalam air dan bersifat stabil. Senyawa ini dihasilkan dari proses oksidasi sempurna senyawa nitrogen di perairan. Nitrifikasi yang merupakan proses oksidasi ammonia menjadi nitrit dan nitrat adalah proses yang penting dalam siklus nitrogen dan berlangsung pada kondisi aerob. Oksidasi ammonia menjadi nitrit dilakukan oleh bakteri *Nitrosomonas*, sedangkan oksidasi nitrit menjadi nitrat dilakukan oleh bakteri *Nitrobakter* (Effendi, 2003).

2.3.6 Karbondioksida (ppm)

Karbondioksida (CO_2) atau biasa disebut zat asam arang sangat mudah larut dalam suatu larutan. Pada umumnya perairan alami mengandung karbon dioksida sebesar 2 mg/l (Kordi, 2009).

Ikan masih ditoleransi pada perubahan konsentrasi karbondioksida dan nampak berusaha untuk menghindari area-area dengan konsentrasi karbondioksida yang tinggi. Namun 10 mg/l atau lebih karbondioksida bisa ditoleransi memberikan konsentrasi oksigen terlarut yang tinggi. Sebagian spesies bertahan dalam air yang mengandung sampai 60 mg/l karbondioksida bebas. Air yang mendukung populasi ikan yang baik normalnya mengandung kurang dari 5 mg/l karbondioksida bebas (Andayani, 2005).

Menurut Effendi (2003), karbondioksida yang terdapat di perairan berasal dari berbagai sumber, yaitu sebagai berikut:

1. Difusi dari atmosfer. Karbondioksida yang terdapat di atmosfer mengalami difusi secara langsung ke dalam air.
2. Air hujan. Air hujan yang jatuh ke permukaan bumi secara teoritis memiliki kandungan karbondioksida sebesar 0,55-0,60 mg/l, berasal dari karbondioksida yang terdapat di atmosfer.
3. Air yang melewati tanah organik. Tanah organik yang mengalami dekomposisi mengandung relatif banyak karbondioksida sebagai proses hasil dekomposisi. Karbondioksida hasil dekomposisi ini akan larut ke dalam air.
4. Respirasi tumbuhan, hewan, dan bakteri aerob maupun bakteri anaerob. Respirasi tumbuhan dan hewan mengeluarkan karbondioksida. Dekomposisi bahan organik pada kondisi aerob akan menghasilkan karbondioksida sebagai salah satu produk akhir. Demikian juga, dekomposisi anaerob karbohidrat pada bagian dasar perairan akan menghasilkan karbondioksida sebagai produk akhir.

Meskipun karbondioksida sangat mudah larut dalam air, umumnya zat ini tidak terdapat dalam keadaan bebas melainkan dalam keadaan berikatan dengan air membentuk asam karbonat (H_2CO_3). Apakah karbondioksida terdapat dalam bentuk bebas atau dalam bentuk berikatan, sangat dipengaruhi oleh nilai pH air. Pada pH air yang rendah ($\text{pH} = 4$) karbondioksida terdapat dalam bentuk yang terlarut, pada pH antara 7 sampai 10 semuanya membentuk ion HCO_3^- , sementara pada pH sekitar 11 umumnya dijumpai ion CO_3^{2-} . Jadi dalam suasana basa akan

menyebabkan penambahan ion bikarbonat dan karbonat dalam air (Barus, 2002).

2.3.7 Total Organic Matter (ppm)

Menurut Nasution (2008), padatan di dalam air terdiri dari bahan organik dan anorganik yang larut, mengendap dan tersuspensi. Bahan ini akan mengendap pada dasar air yang lambat laun akan menimbulkan pendangkalan pada dasar wadah penerima. Akibat lain dari padatan ini adalah tumbuhnya tanaman air tertentu dan dapat menjadi racun pada makhluk lain. Banyaknya padatan menunjukkan banyaknya lumpur yang terkandung dalam air.

Pada dasarnya air yang tercemar selalu mengandung padatan yaitu antara lain pertama padatan terendap/sedimen yaitu padatan yang dapat langsung mengendap jika air tidak terganggu untuk beberapa saat. Kedua, padatan tersuspensi dan koloid yaitu padatan yang menyebabkan kekeruhan air, tidak larut dan tidak mengendap. Ketiga, padatan terlarut yaitu padatan-padatan yang mempunyai ukuran lebih kecil dibandingkan dengan padatan tersuspensi (Nasution, 2008).

Ekawati (2005), mengatakan bahwa bahan organik di dalam ekosistem perairan berasal dari campuran organik terlarut, partikel bahan organik berukuran agregat besar dan juga dari material tanah mati. Kebanyakan bahan organik selain dari partikel yang terlarut, juga terdapat detritus yang merupakan bahan organik dari organisme yang telah mati. Metabolisme dari bahan organik dan interaksi dari material ini secara

biologi dan kimia merupakan sebuah proses yang panjang dan diatur berdasarkan pada ukuran dari bahan organik tersebut.

Berbagai jenis bahan organik yang ada di alam dirombak (didekomposisikan) melalui proses oksidasi yang dapat berlangsung dalam suasana aerob dan anaerob. Produk akhir dari dekomposisi ini atau oksidasi bahan organik pada kondisi anaerob selain CO₂ dan air juga berupa senyawa toksik misalnya ammonia, metana, dan H₂S (Effendi, 2003).

Biasanya perairan dianggap aman jika kandungan TOM nya antara 40-80 ppm. Di bawah 40 ppm, perairan disebut 'miskin' kandungan bahan organik sehingga plankton sulit tumbuh. Sebaliknya jika nilai TOM tinggi, dimungkinkan menjadi tempat bersarangnya patogen berbahaya sehingga infeksi akan mudah terjadi (Anonymous^e, 2011).

Bahan organik di perairan terdapat sebagai plankton, partikel – partikel tersuspensi dari bahan organik yang mengalami perombakan (detritus) dan bahan – bahan organik total yang berasal dari daratan dan terbawa oleh aliran sungai. Perairan dengan kandungan bahan organik diatas 26 mg/l tergolong subur (Syaifuddin, 2004).

III. MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Materi Penelitian

3.1.1 Bahan-bahan Penelitian

Bahan yang akan digunakan pada penelitian ini adalah :

- ❖ Ikan mas (*Cyprinus carpio*) ukuran 5 cm sebanyak 40 ekor/akuarium
- ❖ Air tawar
- ❖ Bahan untuk pengukuran kualitas air
- ❖ Tanaman Sawi daging dan kangkung darat umur 10 hari
- ❖ Kertas penyaring
- ❖ Batu apung
- ❖ Lem pipa
- ❖ Pakan ikan
- ❖ Tissue
- ❖ Sterofom
- ❖ Spon

3.1.2 Alat-alat Penelitian

- ❖ Peralatan yang akan digunakan pada penelitian adalah :
- ❖ Alat pengukur kualitas air
- ❖ Pipa
- ❖ Akuarium
- ❖ *Under gravel water*
- ❖ Pompa air

- ❖ Timbangan digital
- ❖ Saringan
- ❖ Botol Film
- ❖ Kalkulator
- ❖ Waring
- ❖ Buku
- ❖ Alat tulis
- ❖ Penggaris
- ❖ Kamera

3.2 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimen dimana percobaan yang ditujukan untuk melihat suatu hasil yang menggambarkan hubungan kausal dari variabel-variabel yang diselidiki. Penelitian eksperimen adalah penelitian yang dilakukan dengan mengadakan manipulasi terhadap objek penelitian dengan syarat adanya kontrol (Natzir, 1983).

3.3 Rancangan Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yaitu rancangan yang digunakan untuk percobaan yang mempunyai media atau tempat percobaan yang seragam atau homogen, sehingga banyak digunakan untuk percobaan di laboratorium. Menurut Sastrosupadi (2000), model umum dari Rancangan Acak Lengkap (RAL) adalah sebagai berikut:

$$Y = \mu + T + \varepsilon$$

Keterangan :

Y = nilai pengamatan dari perlakuan

μ = nilai tengah umum

T = pengaruh perlakuan

ε = pengaruh ghalat dari perlakuan

Menurut Taufik (2008), dari hasil sampling yang dilakukan setiap 14 hari diketahui bahwa penambahan berat rata-rata ikan uji pendahuluan untuk kedua perlakuan internal pergantian air tidak jauh berbeda. Dengan bobot awal rata-rata 1,05 g/ekor pada P-1 dan 1,12 pada P-2, selama 28 hari pemeliharaan telah mencapai bobot rata-rata 10,1 g/ekor dan 8,26 g/ekor, selanjutnya setelah 42 hari Pemeliharaan bobot rata-rata ikan mencapai 26,47 g/ekor dan 23,97 g/ekor.

Penelitian mengenai budidaya ikan nila hemat lahan dan air dengan sistem akuaponik dengan tujuan untuk mendapatkan teknik budidaya ikan nila yang hemat lahan dan air. Wadah yang digunakan adalah bak fiber sebanyak 9 buah yang di lengkapi dengan filter tanaman, sebagai perlakuan yaitu tanpa filter tanaman (0%), filter 25% dan 50% dari luas wadah (Kusdiarti, *et al.*, 2006).

Sebagai perlakuan dalam penelitian ini adalah tanaman yang berbeda pada wadah pemeliharaan ikan mas (*Cyprinus carpio*) yaitu :

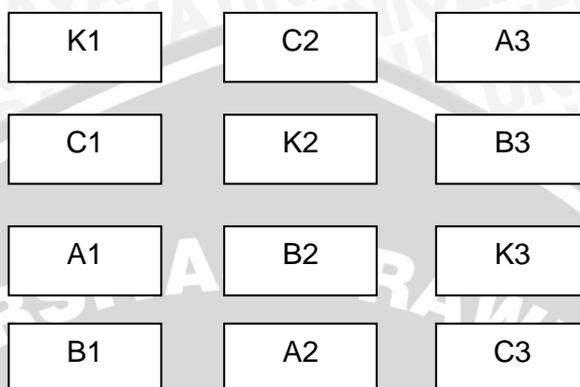
Perlakuan A : menggunakan tanaman kangkung dengan perlakuan 50%

Perlakuan B : menggunakan tanaman sawi daging dengan perlakuan 50%

Perlakuan C : menggunakan tanaman kangkung : sawi (25% : 25%)

Perlakuan K : Tanpa tanaman (Kontrol)

Dalam perlakuan ini masing-masing perlakuan diberi ulangan sebanyak 3 kali. Denah percobaan dapat dilihat pada Gambar 2 :



Gambar 2. Denah Percobaan

Keterangan :

- A : Tanaman Kangkung (50%)
B : Tanaman Sawi (50%)
C : Perlakuan Kangkung : Sawi (25% : 25%)
K : Kontrol
1, 2, dan 3 : Ulangan

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Penelitian

a. Persiapan Wadah dan Peralatan

Persiapan wadah dan peralatan dilakukan seminggu sebelum penelitian dilaksanakan yang terdiri dari :

1. Mempersiapkan akuarium percobaan dengan ukuran akuarium kecil 40 cm x 20 cm x 20 cm, dan akuarium besar 80 cm x 40 cm x 40 cm
2. Pembersihan dan pendesinfeksi akuarium dengan cara penjemuran di bawah sinar matahari selama 2-3 jam.

3. Pemasangan sistem resirkulasi.
4. Mempersiapkan tanaman (kangkung dan sawi daging) yang telah ditentukan yaitu 50 %, dan 25 % : 25% (sawi : kangkung)
5. Mempersiapkan ikan mas dengan jumlah dan ukuran yang telah ditentukan yaitu 40 ekor benih ikan mas pada tiap akuarium dengan ukuran 5cm beserta pakannya
6. Mempersiapkan perlengkapan yang akan digunakan dalam penelitian

b. Adaptasi Terhadap Hewan Uji

Sebelum penelitian ikan Mas terlebih dahulu diadaptasikan (diaklimatisasi) terhadap kondisi lingkungan yang baru dengan cara dipelihara pada wadah berukuran 80 x 80 x 40 cm dan diberi pakan berupa pellet selama 1 minggu.

3.4.2 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dimulai pada tanggal 16 April 2011 dengan tahap-tahap sebagai berikut :

1. Penanaman tanaman sawi dan kangkung dengan perlakuan 50 %, dan 25 % : 25% (sawi : kangkung) dari luas wadah.
2. Penebaran ikan mas ke dalam wadah pemeliharaan dengan kepadatan 40 ekor/m².
3. Perhitungan berat ikan diawal (W_0) dan akhir (W_1) penelitian.
4. Pemberian pakan berupa pellet dengan frekuensi pemberian 3 kali sehari setiap pagi, siang dan sore.
5. Perhitungan kelulushidupan (SR)
6. Pengukuran terhadap kualitas air (suhu, pH, DO, CO₂, NH₃, NO₃, dan TOM) dan laju pertumbuhan ikan.

Alat, bahan dan waktu pengukuran dapat dilihat pada Tabel 5. berikut :

Tabel 5. Metode Pengukuran Penelitian

No.	Pengukuran	Alat-alat	Bahan	Waktu Pengukuran
1.	Suhu	Termometer	-	Setiap hari
2.	pH	pH meter	-	Setiap hari
3.	DO	Do meter	-	Setiap hari
4.	CO ₂	Alat ukur kualitas air	- Larutan PP - Larutan Na ₂ CO ₃	10 hari sekali
5.	NH ₃	Alat ukur kualitas air + <i>spectofotometer</i>	Larutan Nesler	10 hari sekali
6.	NO ₃	Alat ukur kualitas air + <i>spectofotometer</i>	- Asam fenol disulfonik - Akuades - NH ₄ OH (1:1)	10 hari sekali
7.	TOM	Alat ukur kualitas air + <i>spectofotometer</i>	- KMnO ₄ - H ₂ SO ₄ (1:4) - Na-Oxalat	10 hari sekali
8.	Laju pertumbuhan ikan	Timbangan digital	Ikan mas	1 minggu sekali
9	Kelulushidupan ikan mas	Pengamatan langsung, jaring, alat tulis, buku, kalkulator	Ikan Mas	Setiap hari

3.5 Parameter Uji

3.5.1 Parameter Utama

a. Kelulushidupan (Survival Rate/SR)

Kelulushidupan ikan mas dihitung pada akhir penelitian. Menurut Hariati (1989), kelulushidupan ikan mas dapat dihitung dengan rumus :

$$SR = \frac{\sum \text{ikan mas yang hidup pada akhir penelitian}}{\sum \text{ikan mas yang hidup pada awal penelitian}} \times 100 \%$$

3.5.2 Parameter Penunjang

a. Kualitas Air

Pengukuran kualitas air meliputi suhu, pH, DO, CO₂, NO₃, NH₃, dan TOM di dalam setiap wadah pemeliharaan. Pengukuran suhu, pH, dan DO

dilakukan setiap hari, sedangkan pengukuran CO₂, NO₃, NH₃ dan TOM dilakukan setiap 10 hari sekali.

❖ Suhu (°C)

Pengukuran suhu dilakukan dengan menggunakan thermometer. Adapun prosedur pengukuran suhu yaitu thermometer dicelupkan ke dalam air lalu didiamkan ± 5 menit dilakukan pembacaan pada thermometer yang ditunjukkan oleh air raksa setelah itu dicatat hasilnya, nilai suhu dalam satuan °C.

❖ Derajat Keasaman (pH)

pH diukur menggunakan pH meter dengan prosedur pengukuran yaitu *Probe* disambungkan terlebih dahulu sebelum digunakan, *Probe* dibilas dan dikalibrasi menggunakan akuades (pH netral) lalu *Probe* dimasukkan kedalam air sampel yang diukur setelah itu tekan tombol *on*, tunggu sampai muncul angka pada layar pH meter, angka yang muncul ditunggu sampai posisi stabil. Setelah selesai, tombol *off* ditekan untuk mematikan alat dan *Probe* dicuci dengan akuades lalu ditutup.

❖ Oksigen Terlarut (ppm)

Do diukur dengan metode elektrometik menggunakan DO meter yaitu *Probe* disambungkan sebelum mengoperasikan DO meter, *Probe* dimasukkan kedalam air sampel yang diukur lalu tombol *on* ditekan pada layar akan muncul, *cond* ditunggu beberapa detik, maka pada layar akan muncul angka-angka. *Cal* ditekan 2 kali, ditekan *range* maka alat akan mengukur DO terlarut serta dicatat hasilnya. Setelah selesai, tombol *off*

ditekan untuk mematikan alat dan *Probe* dicuci dengan akuades dan ditutup.

❖ Karbondioksida (ppm)

Menurut Subarijanti (1990), pengukuran CO₂ yaitu menggunakan pereaksi PP (*Phenol Ptalein*) sebagai indikator = 0,05 gr PP dilarutkan dalam 25 ml alkohol 50% dan Na₂CO₃ 0,0454 N = 2,407 gr Na₂CO₃ yang telah dipanaskan (140°C) dilarutkan dalam aquadest 1000 ml kemudian disimpan dalam botol cokelat. Setelah itu masukkan 25 ml air contoh ke dalam erlemeyer, kemudian tambahkan 1-2 tetes indikator PP. Bila air berwarna merah muda berarti air tersebut tidak mengandung CO₂ bebas. Bila air tetap tidak berwarna, cepat titrasi dengan Na₂CO₃ 0,0454 N sampai warna menjadi merah muda (pink) pertama kali.

Perhitungan :

$$\text{CO}_2 \text{ bebas (mg/L)} = \frac{\text{mL (titran)} \times \text{N (titran)} \times 22 \times 1000}{\text{mL air sampel}}$$

❖ Nitrat (ppm)

Menurut Subarijanti (1990), pengukuran Nitrat adalah sebagai berikut:

Pereaksi yang digunakan yaitu 1). Larutan asam fenol disulfonik : a). Larutan 25 gr fenol dalam 150 ml H₂SO₄ di oven 2 jam dengan suhu 100°C. b). 11,2 ml H₂SO₄ p.a ditambah 64 ml aquadest. c). Larutan (b) dimasukkan dalam larutan (a). d). Larutan (c) di oven pada suhu 100°C selama 2 jam. 2). Larutan standar nitrat : Larutan 0,607 gr NaNO₃ (p.a) dalam 1 liter aquades. Uapkan 50 ml dalam cawan porselin sampai kering. Bila sudah dingin tambahkan 2 ml larutan asam fenol disulfonik dan encerkan sampai 500 ml dengan akuades (1ml larutan standar ini mengandung 0,01 nitrat-nitrogen). 3). Amonium hidroksid : encerkan

500 ml NH_4OH dengan 1 liter aquadest. 4). Lalu menyiapkan larutan standar pembanding seperti berikut :

Larutan Standar Nitrat (ml)	Tambah aquadest sampai menjadi (ml)	Nitrat-N yang dikandung (ppm)
0,1	10	0,05
0,2	10	0,1
0,5	10	0,25
1	10	0,5
1,5	10	0,75
2	10	1,00

Setelah itu saring 25 ml sampel dan tuangkan ke dalam cawan porselin/petri dish. Uapkan diatas pemanas sampai kering hati-hati jangan sampai pecah dan didinginkan. Tambahkan 1 ml asam fenol disulfonik, aduk dengan pengaduk gelas dan encerkan dengan 10 ml aquadest lalu tambahkan dengan meneteskan NH_4OH (1:1) sampai terbentuk warna. Encerkan dengan aquadest sampai 25 ml kemudian masukkan dalam cuvet. Setelah itu bandingkan dengan larutan standar pembanding yang telah dibuat, baik secara visual atau dengan spektrofotometer (pada panjang gelombang $410 \mu\text{m}$).

❖ Ammonia (ppm)

Pembuatan larutan baku ammonium $\text{NH}_4\text{-N}$ yaitu Pipet 0, 250, 500, 1000 dan 2000 μl larutan induk ammonium dan masukkan masing-masing ke dalam labu ukur 500ml dan tambahkan air suling sampai tepat pada tanda tera sehingga diperoleh kadar ammonium sebesar 0,0; 0,5; 1,0; 2,0; dan 4,0 mg/l $\text{NH}_4\text{-N}$. Kemudian cara mengujinya adalah pipet 50 ml benda uji kemudian masukkan ke dalam labu Erlenmeyer 100 ml, tambahkan 1 ml larutan nessler, kocok dan biarkan larutan tersebut bereaksi selama ≥ 10 menit lalu masukkan ke dalam kuvet pada alat spektrofotometer, baca dan catat serapan masuknya. (panjang gelombang 425nm).

❖ TOM (ppm)

Pengukuran TOM adalah sebagai berikut: Pereaksi yang digunakan KMnO_4 0,10 N = timbang 3,160 gr KMnO_4 dan larutkan dalam 1000 ml aquadest lalu KMnO_4 0,10 N = pipet 25,00 ml larutan (1) di atas, kemudian encerkan dengan aquadest hingga 250 ml. Natrium oxalate 0,10 N = timbang 3,35 gr Na-oxalae, larutkan dalam 500ml aquadest. Natrium oxalate 0,01 N = sebanyak 25,00 ml larutan (2) diatas encerkan dengan aquadest sampai 250 ml setelah itu H_2SO_4 (1:4) = masukkan 20 ml H_2SO_4 pekat dalam 80 ml aquadest, dinginkan. Kemudian cara mengujinya adalah pipet 50 ml air sampel, masukkan ke dalam Erlenmeyer. Tambahkan 9,5 ml KMnO_4 dari buret dan tambahkan 10,00 ml H_2SO_4 (1:4). Panaskan dalam penangas air (*water bath*) sampai suhu mencapai 70-80°C kemudian angkat. Bila suhu telah turun menjadi 60-70 °C langsung tamahkan Na-oxalate 0,01 N pelahan sampai tidak berwarna. Segera titrasi dengan KMnO_4 0,01 N sampai terbentuk warna (merah jambu/pink). Catat sebagai ml titran (x ml) setelah itu lakukan prosedur (1-6) dan catat titran yang digunakan sebagai (y ml).

Perhitungan :

$$\text{TOM (mg/L)} = \frac{(x-y) \times 31,6 \times 0,01 \times 1000}{\text{mL air sampel}}$$

Dimana, x = ml titran untuk air sampel

y = ml titran untuk aquadest

31,6 = 1/5 dari BM KMnO_4 (1 mol KMnO_4 melepas 5 oksigen dalam reaksi

ini)

0,01 = N KMnO_4

b. Laju Pertumbuhan Spesifik (SGR)

Laju pertumbuhan ikan mas diketahui dengan melakukan penimbangan setiap 1 minggu sekali. Menurut Hariati (1989), laju pertumbuhan spesifik dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$SGR = \frac{\ln W_t - \ln W_o}{T} \times 100 \%$$

Keterangan :

SGR = laju pertumbuhan spesifik (%)

W_t = berat ikan mas pada saat t (gram)

W_o = berat ikan mas pada saat awal periode (gram)

T = lama waktu penelitian (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 Kelulushidupan/*Survival Rate* (SR)

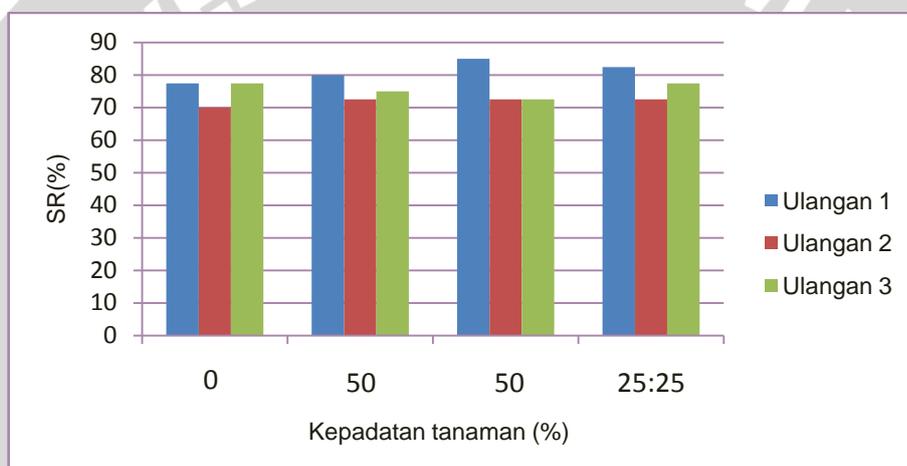
Kelulushidupan pada penelitian ini merupakan parameter utama yang diukur. Kelulushidupan adalah perbandingan antara jumlah individu yang hidup pada akhir percobaan dengan jumlah individu yang hidup pada awal percobaan. Hasil perhitungan data kelulushidupan (SR) yang diperoleh selama penelitian dapat dilihat pada Lampiran 3. Perhitungan tersebut menghasilkan data SR kelulushidupan benih ikan mas pada Tabel 6 berikut ini.

Tabel 6. Data kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) (%) selama pemeliharaan 30 hari

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	77,5	70	77,5	225	75
Kangkung 50%	80	72,5	75	227,5	75,83
Sawi 50%	85	72,5	72,5	230	76,66
Kangkung : Sawi (25%:25%)	82,5	72,5	77,5	232,5	77,5
Total				915	

Tabel 6 tersebut menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi antara kangkung dan sawi memiliki nilai rata-rata kelulushidupan terbesar bila dibandingkan dengan perlakuan yang lain dan SR yang diperoleh sebesar 77,5%. Menurut Nuryadi (2009), sistem akuaponik dengan menggunakan tanaman kangkung sebagai filter ternyata cukup efektif untuk memanfaatkan N hasil dari limbah budidaya tersebut. Sedangkan Diver (2006), menyatakan kebutuhan oksigen dan nutrient yang rendah dalam budidaya sawi lebih mudah beradaptasi dengan sistem akuaponik.

Berdasarkan hasil penelitian Saptarini (2010), ukuran ikan yang produksi di kolam akuaponik cenderung lebih besar dibandingkan ukuran ikan produksi di kolam konvensional. Ikan yang diproduksi di kolam akuaponik memiliki berat rata-rata sebesar 62,4 g dengan nilai SR sebanyak 81,9%, sedangkan ikan yang diproduksi di kolam konvensional memiliki berat rata-rata sebesar 53,6 g dengan nilai SR sebanyak 49,9%. Untuk lebih jelasnya kelulushidupan (SR) benih ikan mas disajikan pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram Batang kelulushidupan SR (%) Benih Ikan Mas

Grafik diatas menunjukkan bahwa rata-rata kelulushidupan benih ikan mas diakhir penelitian berkisar antara 70-85%. Rata-rata kelulushidupan benih ikan mas tertinggi yaitu pada perlakuan C menggunakan tanaman kangkung : sawi sebesar 77,5%, diikuti perlakuan B menggunakan tanaman sawi sebesar 76,66%, kemudian perlakuan A dengan tanaman kangkung sebesar 75,83%, sedangkan nilai rata-rata kelulushidupan benih ikan mas terendah yaitu pada kontrol sebesar 75%.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap kelulushidupan maka dilakukan perhitungan sidik keragaman. Data hasil

(Lampiran 3) perhitungan sidik keragaman dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Sidik ragam kelulushidupan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	5,225	1,7417	0,13238 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAK	8	105,26	13,1569	-	-	-
TOTAL	11	110,48	-	-	-	-

Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

Berdasarkan dari analisis keragaman Tabel 7 mengenai kelulushidupan ikan mas diperoleh F hitung sebesar 0,13238, dimana nilai F hitung lebih kecil dari F Tabel 5%, yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kelulushidupan benih ikan mas.

Tingkat kelulushidupan ikan yang dibudidaya dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor pertama yaitu kualitas air. Kualitas air yang baik pada media pemeliharaan akan mendukung proses metabolisme dalam proses fisiologi. Faktor kedua adalah kandungan nutrisi dari pakan yang dikonsumsi. Ketidaktersediaannya pakan pada media stadia awal dari larva akan mengakibatkan kematian. Hal ini disebabkan oleh habisnya cadangan makanan (kuning telur) pada tubuh larva ikan (Anonymous^f, 2011).

Menurut Saptarini (2010), kekurangan oksigen dapat menyebabkan kematian pada ikan. Pada dasarnya konsentrasi oksigen terlarut 5 mg/l merupakan kandungan oksigen yang dianjurkan untuk kesehatan ikan

yang optimum. Sensitivitas terhadap kadar oksigen terlarut yang rendah sangat spesifik untuk tiap jenis ikan. Pada umumnya, apabila kandungan oksigen terlarut turun menjadi 3-4 mg/l, ikan akan mengalami stres. Secara umum kematian ikan akibat kekurangan oksigen terlarut dalam air dapat dikenali dari beberapa hal, antara lain ikan mati pada waktu hampir bersamaan ikan yang berukuran besar lebih terpengaruh dibandingkan ikan kecil, ikan yang sekarat tampak di permukaan mencoba mencari oksigen dari udara, ikan yang mati menunjukkan punggung melengkung dan mulut terbuka.

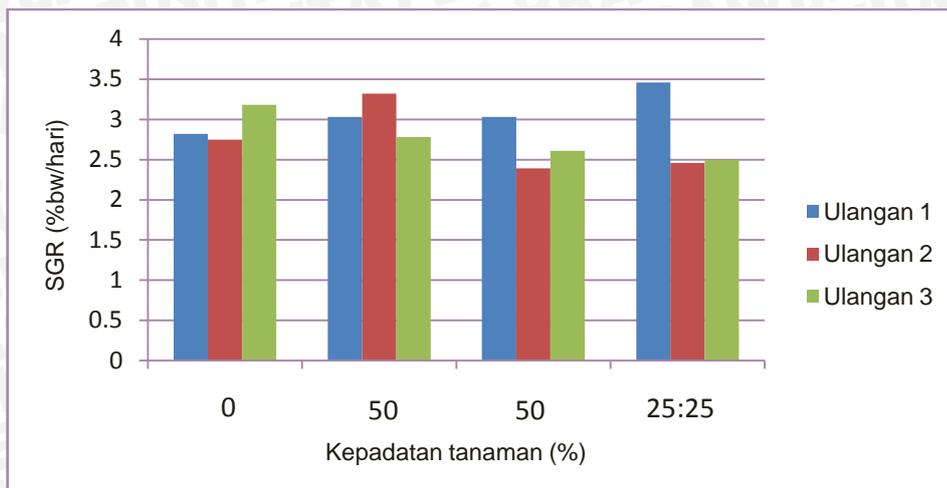
4.2 Laju Pertumbuhan Spesifik Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)

Pengamatan tentang pengaruh perbedaan tanaman pada budidaya sistem akuaponik terhadap laju pertumbuhan benih ikan mas diperoleh rata-rata pertumbuhan benih ikan mas yang tertera pada Lampiran 4 sehingga didapatkan data laju pertumbuhan spesifik (SGR) pada Tabel 8.

Tabel 8. Laju Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) (%BW/hari).

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	2,82	2,75	3,18	8,75	2,92
Kangkung 50%	3,03	3,32	2,78	9,13	3,04
Sawi 50%	3,03	2,39	2,61	8,03	2,68
Kangkung:sawi (25%:25%)	3,46	2,46	2,5	8,24	2,81
Total				34,33	

Untuk lebih jelasnya laju pertumbuhan (SGR) benih ikan mas disajikan pada Gambar 4 di bawah ini.



Gambar 4. Diagram Batang (SGR) Benih Ikan Mas

Berdasarkan Tabel 8 dan Gambar 4 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata laju pertumbuhan spesifik benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) selama penelitian berkisar antara 2,68%-3,04 %. Perlakuan dengan menggunakan tanaman kangkung memiliki nilai rata-rata laju pertumbuhan yang tertinggi yaitu 3,04%, diikuti tanpa perlakuan sebesar 2,92%, selanjutnya perlakuan kangkung:sawi sebesar 2,81% dan terendah pada perlakuan sawi sebesar 2,68%. Menurut Sutrisno (2009), kualitas air berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan. Parameter kualitas air yang cukup berpengaruh terhadap pertumbuhan ikan adalah nitrit, nitrat, ammonia, oksigen terlarut dan fosfat.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap laju pertumbuhan spesifik maka dilakukan perhitungan sidik ragam SGR benih ikan mas pada Lampiran 4 sehingga didapatkan data sidik ragam yang dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Sidik Ragam laju pertumbuhan spesifik (SGR) benih ikan mas

(*Cyprinus carpio*)

Sumber Keragaman	db (Derajat Bebas)	JK (jumlah Kuadrat)	KT (Kuadrat Tengah)	F Hitung	F 5%	F 1%
Perlakuan	3	0,21	0,07	0,53 ^{ns}	4,07	7,59
Acak	8	1,11	0,13			
Total	11	1,32				

Keterangan : ns : tidak berbeda nyata

Hasil sidik analisa ragam terhadap pertumbuhan benih ikan mas pada ke empat perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata. Hal ini berarti secara statistik perlakuan penggunaan sistem akuaponik dengan tanaman berbeda baik kangkung 50%, sawi 50%, kangkung : sawi (25% : 25%) atau dengan tanpa tanaman tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhannya.

Menurut Widodo (2010), faktor-faktor yang mempengaruhi dalam variasi pertumbuhan ikan adalah dari faktor ikannya sendiri, lingkungan dan makanan yang diberikan. Dari beberapa faktor tersebut seberapa jauh akan mempengaruhi pertumbuhan bagi ikan seperti misalnya faktor kualitas air yang meliputi suhu, oksigen dan ammonia. Pengaruh dari ikannya sendiri yang meliputi spesies ikan, umur dalam hal ini akan berpengaruh terhadap pemanfaatan makanan yang diberikan, kemampuan ikan untuk mencerna makanan dalam setiap tahap pertumbuhannya. Sedangkan faktor makanan yang meliputi komposisi, formulasi, tipe makanan, bentuk makanan, dan feeding leve/tingkat pemberian makan serta frekwensi pemberian makan, yang dalam hal ini mempengaruhi kemampuan ikan mencerna dan memanfaatkannya pada kondisi yang ada.

Cara pemeliharaan menentukan cepat lambatnya pertumbuhan ikan. Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan ikan antara lain keturunan,

pertumbuhan kelamin dan umur, serta kerentanan penyakit. Keturunan berhubungan dengan cara seleksi induk, yaitu induk yang bermutu tentu menghasilkan anakan yang baik atau sebaliknya. Pertumbuhan kelamin dan umur pun sangat berkaitan. Ada baiknya pemeliharaan ikan pada beberapa jenis dipisahkan antara jantan dan betina. Hal ini untuk menghindari adanya gejala pematangan kelamin secara dini. Bisa saja ikan yang masih kecil sudah bertelur sehingga pertumbuhan badannya terhambat. Pada pemeliharaan ikan ini kualitas air, kepadatan ikan, serta jumlah dan kualitas pakan pun harus selalu diperhatikan (Anonymous^d, 2011).

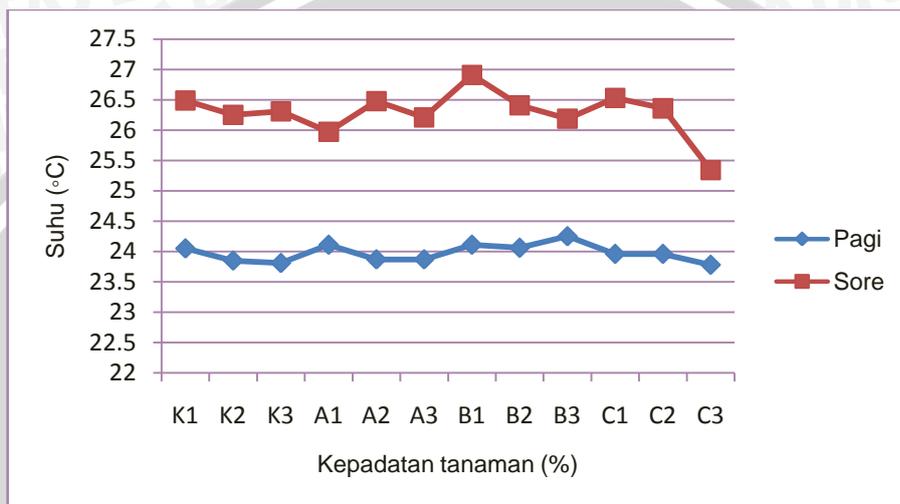
Menurut Irawan (1986), laju pertumbuhan ikan dipengaruhi oleh banyak faktor yaitu yang pertama ialah yang berhubungan dengan keadaan ikan itu sendiri seperti sifat-sifat genetik dan keadaan fisiologis ikan (keadaan kesehatan, kematangan seksual dan lain-lain). Yang kedua ialah yang berhubungan dengan lingkungan tempat hidup ikan, seperti komposisi kimia air dan tanah, suhu air, sisa-sisa metabolisme, ketersediaan oksigen dan ketersediaan makanan. Selain faktor-faktor tersebut di atas, ukuran dan umur ikan, ukuran telur, cahaya, ruang gerak dan aliran air juga mempengaruhi pertumbuhan ikan.

4.3 Kualitas Air

Kualitas air merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu usaha budidaya. Pengelolaan kualitas air dengan cara mengkondisikan air sedemikian rupa sehingga memenuhi persyaratan fisik dan kimiawi bagi kehidupan benih ikan mas.

4.3.1 Suhu (°C)

Dalam pengukuran suhu air selama penelitian dilakukan setiap hari secara dua kali yaitu pagi hari pukul 07.00 wib dan sore hari pukul 15.00 wib. Data suhu dapat dilihat pada Lampiran 5 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 5 berikut :



Gambar 5. Grafik nilai suhu setelah perlakuan

Gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa, hasil pengukuran suhu pada pagi hari berkisar antara 23,90-24,14 °C dan pada sore hari berkisar antara 26,07-26,50 °C. Selama pengamatan kisaran suhu pada media masih dalam kisaran suhu yang diinginkan untuk kelulushidupan dan pertumbuhan ikan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rudiyanti (2009), bahwa kisaran kelayakan temperature air bagi ikan mas adalah 14-38 °C.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap suhu maka dilakukan perhitungan sidik keragaman (Lampiran 5). Berdasarkan dari analisa keragaman diperoleh F hitung untuk suhu pagi hari yaitu 2,714 dan pada suhu sore hari F hitung yaitu 0,6. Dimana nilai F hitung

lebih kecil dari F Tabel 5%, yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap suhu.

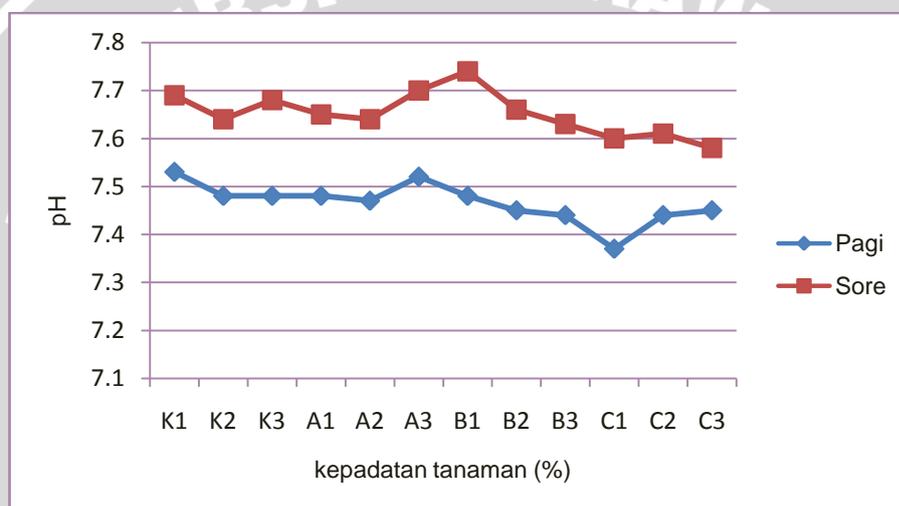
Menurut Andayani (2005), spesies di daerah tropis dan sub tropis tidak akan tumbuh secara baik ketika suhu berada di bawah 26 atau 28 °C dan suhu air di bawah 10 atau 15 °C akan mematikan spesies tersebut. Spesies yang hidup di air hangat pada iklim panas akan berkembang dengan baik apabila berada di antara suhu 20 dan 28 °C tetapi mereka akan bertahan hidup mendekati suhu 0 °C. Lebih lanjut dijelaskan bahwa konsumsi oksigen menurun secara relatif dengan peningkatan suhu. Spesies akan bertahan hidup dan berkembang biak dalam suhu yang sesuai tetapi pada suhu maksimum pertumbuhan semakin berkurang.

Kordi (2004), menyatakan perubahan suhu air yang drastis dapat mematikan ikan karena terjadi perubahan daya angkut darah. Seperti diketahui daya angkut darah akan lebih rendah pada suhu tinggi. Suhu juga mempengaruhi selera makan ikan. Ternyata ikan relatif lebih lahap makan pada pagi dan sore hari sewaktu suhu air berkisar antara 25-27 °C. Kisaran suhu optimum bagi kehidupan ikan adalah 25-52 °C. Bila suhu rendah ikan akan kehilangan nafsu makan, sehingga pertumbuhannya terhambat, sebaliknya bila suhu terlalu tinggi ikan akan stres bahkan mati kekurangan oksigen. Baik suhu rendah maupun terlalu tinggi dapat membahayakan ikan, karena patogen dapat berkembang biak pada kondisi tersebut. Kisaran kelayakan suhu air bagi ikan mas untuk dapat hidup normal adalah 20-32 °C. Sedangkan suhu 5-20 °C ikan mas tidak

dapat hidup dengan baik dan kecepatan metabolisme ikan mas tersebut akan menurun (Wibowo, 2002).

4.3.2 Derajat Keasaman (pH)

Dalam pengukuran pH air selama penelitian dilakukan setiap hari secara dua kali yaitu pagi hari pukul 07.00 wib dan sore hari pukul 15.00 wib. Data pH dapat dilihat pada Lampiran 6 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 6 berikut :



Gambar 6. Grafik nilai pH setelah perlakuan

Gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa, hasil pengukuran pH pada pagi hari berkisar antara 7,42-7,496 dan pada sore hari berkisar antara 7,596-7,676. Menurut Barus (2002), nilai pH yang ideal bagi kehidupan organisme air pada umumnya terdapat antara 7 ppm sampai 8,5 ppm. Kondisi perairan yang bersifat sangat asam maupun sangat basa akan membahayakan kelangsungan hidup organisme karena akan menyebabkan gangguan metabolisme dan respirasi. Sedangkan Santoso (1993), menyatakan pH air yang ideal untuk ikan mas agar dapat tumbuh normal berkisar antara 7-8.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap pH maka dilakukan perhitungan sidik ragam pH pada Lampiran 6. Nilai F hitung pada pH pagi sore yaitu 3,847 dan pada sore hari F hitung yaitu 3,171. Hasil ini kurang dari nilai F 5 %, yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap pH.

Menurut Boyd (1982), pada umumnya bahwa toleransi ikan air tawar terhadap pH adalah antara 4–11. Akan tetapi pH yang baik untuk pertumbuhan ikan air tawar adalah 6–9. Sedangkan menurut Saptarini (2010), menyatakan nilai pH yang baik untuk budidaya ikan adalah 6,5-9,0 ppm, pH air yang tidak optimal berpengaruh tidak efektifnya pemupukan air kolam dan meningkatkan daya racun hasil metabolisme seperti NH_3 dan H_2S .

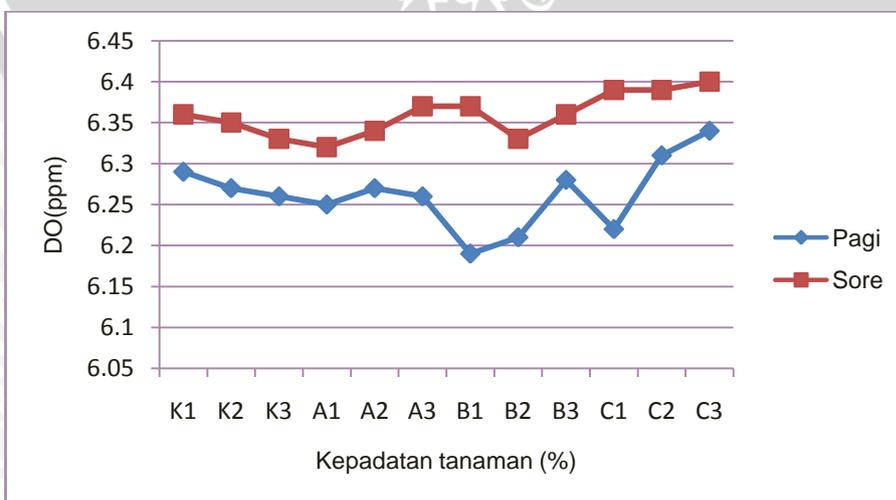
Andayani (2005), menyatakan pada waktu siang hari, tanaman air mengubah karbondioksida dalam air untuk digunakan dalam fotosintesis. Tanaman dan hewan secara terus-menerus melepaskan karbondioksida ke dalam perairan melalui respirasi. Namun, pada siang hari tanaman air biasanya mengubah karbondioksida dari air lebih cepat sehingga karbondioksida bisa digantikan dengan respirasi. Selanjutnya tanaman dapat menggunakan sejumlah kecil karbondioksida yang tersedia pada nilai pH diatas 8,3 dan bikarbonat diserap oleh tanaman dan beberapa karbon dari bikarbonat digunakan dalam fotosintesis. Konsentrasi bikarbonat rendah, air menjadi buffer dan nilai pH dari 9-10 biasa terjadi

selama periode fotosintesis. Selama malam hari karbondioksida terkumpul dan pH menurun.

pH air mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Pada pH rendah kandungan oksigen terlarut akan berkurang, sebagai akibatnya konsumsi oksigen menurun, aktivitas pernapasan naik, dan selera makan akan berkurang. Hal yang sebaliknya terjadi pada suasana basa. Atas dasar ini maka usaha budidaya ikan akan berhasil baik dalam air dengan pH 6,5-9,0, sedangkan selera makan tertinggi di dapat pada pH 7,5-8,5. Pada kolam dengan sistem resirkulasi, air cenderung menjadi asam karena proses nitrifikasi dari bahan organik akan menghasilkan karbondioksida-karbondioksida dan ion hidrogen (Kordi, 2004).

4.3.3 Oksigen Terlarut (ppm)

Dalam pengukuran DO selama penelitian dilakukan setiap hari yaitu 2 kali pada pagi hari pukul 07.00 wib dan pada sore hari pukul 15.00 wib. Data DO dapat dilihat pada Lampiran 7 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 7 berikut :



Gambar 7. Grafik DO setelah perlakuan

Gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa kisaran nilai DO tidak berbeda jauh baik pada pagi hari maupun pada sore hari. Hasil pengukuran DO pagi hari berkisar antara 6,226–6,29 mg/l dan pada sore hari berkisar antara 6,34–6,39 mg/l. Jubaedah (2006), menyatakan oksigen di dalam air berguna untuk menunjang kehidupan ikan dan organisme air lainnya. Kadar oksigen terlarut di perairan yang ideal bagi pertumbuhan ikan dewasa adalah > 5 mg/l. Pada kisaran 4–5 mg/l ikan masih dapat bertahan tetapi pertumbuhannya terhambat.

Berdasarkan hasil dari analisa sidik ragam (Lampiran 7). Pada Tabel DO pagi hari hasil F hitung yaitu 1,338. Hasil ini kurang dari F 5%, yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap DO pada pagi hari. Sedangkan hasil F hitung untuk DO pada sore hari yaitu 6,2667 yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik memberikan pengaruh yang nyata terhadap DO pada sore hari, sehingga perlu dilanjutkan uji BNT.

Menurut Andayani (2005), DO merupakan salah satu peubah mutu air yang mampu mempengaruhi peubah lain. Konsentrasi karbondioksida dan pH harian air berubah-ubah sesuai dengan konsentrasi DO. Pada gilirannya, perubahan pH mempengaruhi keseimbangan reaksi amonia ($\text{NH}_3 + \text{NH}_4$). Di lain pihak, kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi peubah lain seperti temperatur, salinitas, bahan organik terlarut dan kecerahan. Peningkatan baik temperatur, salinitas maupun bahan organik terlarut menurunkan konsentrasi jenuh DO. Peningkatan kecerahan menaikkan konsentrasi oksigen terlarut pada siang hari namun menurunkannya pada malam hari.

Meskipun beberapa jenis ikan mampu bertahan hidup pada perairan dengan konsentrasi oksigen 3 ppm, namun konsentrasi minimum yang masih

dapat diterima sebagian besar spesies ikan untuk hidup dengan baik adalah 5 ppm. Pada perairan dengan konsentrasi oksigen di bawah 4 ppm ikan masih mampu bertahan hidup, akan tetapi nafsu makan ikan mulai menurun. Pada siang hari, ketika terjadi fotosintesis, jumlah oksigen terlarut cukup banyak. Sebaliknya pada malam hari, ketika tidak terjadi fotosintesis, oksigen terbentuk selama siang hari akan dipergunakan oleh ikan dan tumbuhan air, sehingga sering terjadi penurunan konsentrasi oksigen secara drastis. Kelarutan oksigen di dalam air juga terkait dengan suhu. Antara oksigen dan suhu berbanding terbalik, jika suhu sangat tinggi maka kelarutan oksigen menurun, begitu sebaliknya. Difusi oksigen hanya terjadi dengan cepat pada lapisan permukaan air, sedangkan pada lapisan di bawahnya difusi oksigen berjalan sangat lancar. Untuk membantu distribusi oksigen ke lapisan bawah sekaligus menambah kelarutan oksigen mampu melepaskan oksigen ke atmosfer pada keadaan yang lewat jenuh dapat menggunakan aerator (Kordi, 2004).

Erlina *et.al.*, (2007), menyatakan bahwa kadar oksigen terlarut minimum dalam perairan disarankan tidak kurang dari 4 mg/L dan dalam kondisi tidak terdapat senyawa beracun, konsentrasi 2 mg/L sudah cukup mendukung kehidupan perairan.

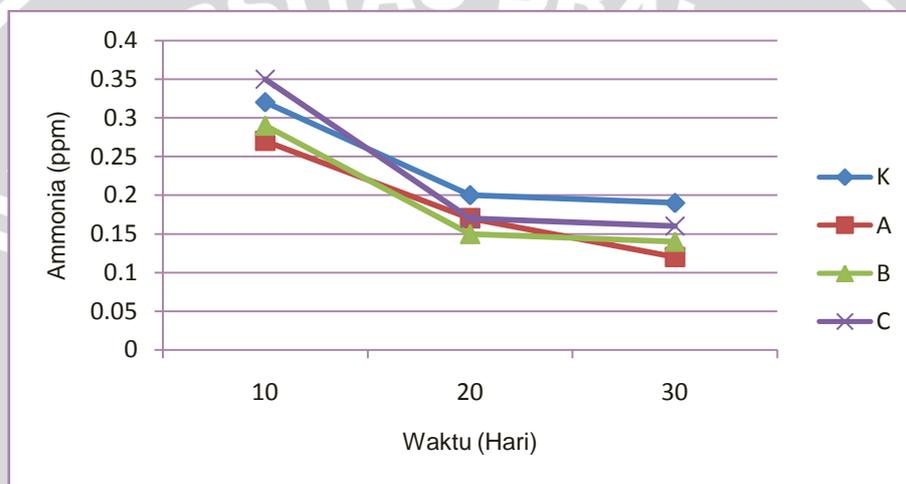
4.3.4 Ammonia (ppm)

Berdasarkan pengamatan pada perlakuan pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman berbeda ammonia (Lampiran 8) data dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10. Data pengamatan ammonia (ppm)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	0,21	0,28	0,23	0,72	0,24
Kangkung 50%	0,19	0,18	0,19	0,56	0,18667
Sawi 50%	0,21	0,2	0,18	0,59	0,19667
Kangkung:Sawi (25%:25%)	0,21	0,24	0,23	0,68	0,22667
Total				2,55	

Untuk lebih jelasnya grafik ammonia dapat dilihat pada Gambar 8 dibawah ini.



Gambar 8. Grafik ammonia setelah perlakuan

Berdasarkan Tabel 10 dan Gambar 8 tersebut, dapat dilihat bahwa nilai rata-rata ammonia selama penelitian berkisar antara 0,186-0,24 mg/l. Perlakuan tanpa menggunakan tanaman memiliki nilai ammonia tertinggi yaitu 0,24 ppm, diikuti perlakuan C menggunakan tanaman kangkung : sawi (25%:25%) yaitu 0,226, selanjutnya perlakuan B menggunakan tanaman sawi 50% yaitu 0,196 ppm dan terendah pada perlakuan A yang menggunakan tanaman kangkung 50% yaitu 0,186 ppm.

Menurut Irianto (2005), kadar ammonia yang tidak terionisasi pada perairan tawar sebaiknya tidak lebih dari 0,02 mg/l, kondisi tersebut

mengakibatkan perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan, adapun toksisitas akut pada ikan mas sebesar 2,0 mg/l.

Selanjutnya untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap ammonia maka dilakukan perhitungan sidik keragaman (Lampiran 8). Data hasil perhitungan sidik keragaman dapat dilihat pada Tabel 11 berikut.

Tabel 11. Sidik Ragam Ammonia (ppm)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,0056	0,00187	4,16296	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,0036	0,00045			
TOTAL	11	0,009				

Keterangan : (*) Berbeda nyata

Untuk mengetahui urutan pengaruh perlakuan yang berbeda, maka dilakukan uji Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil uji BNT dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Uji Beda Nyata (BNT) Ammonia (ppm)

Rata-rata perlakuan	A (0,186)	B (0,196)	C (0,226)	K (0,24)	Notasi
A (0,186)	-	-	-	-	a
B (0,196)	0,01 ^{ns}	-	-	-	a
C (0,226)	0,04*	0,03 ^{ns}	-	-	ab
K (0,24)	0,054*	0,044*	0,014 ^{ns}	-	b

Keterangan : (ns) = Tidak berbeda nyata

(*) = Berbeda nyata

Tabel uji BNT diatas dapat dilihat bahwa perlakuan A menggunakan tanaman kangkung tidak berbeda nyata dengan B yang menggunakan tanaman sawi, dengan C menggunakan tanaman kangkung : sawi dan K tanpa tanaman. Perlakuan B dengan menggunakan tanaman sawi berbeda dengan C yang menggunakan tanaman kangkung : sawi dan K tanpa tanaman, sedangkan perlakuan C menggunakan tanaman kangkung : sawi tidak berbeda dengan K tanpa tanaman.

Menurut Ningrum (2011), mekanisme penyerapan bahan organik oleh tanaman air melalui proses fitovolatilisasi yaitu tanaman menyerap air yang mengandung kontaminan organik melalui akar, diangkut ke bagian daun dan mengeluarkan kontaminan yang sudah didetoksifikasi ke udara melalui daun.

Mekanisme penyerapan ini berlangsung sebagai berikut : (1) saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk kation (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} dan NH_4^+) maka dari akar akan dikeluarkan kation H^+ dalam jumlah yang setara, serta (2) saat akar tanaman menyerap unsur hara dalam bentuk anion (NO_3^- , $H_2PO_4^-$, SO_4^{2-}) maka dari akar akan dikeluarkan HCO_3^- dengan jumlah yang setara. Selain air dan cahaya matahari tanaman juga membutuhkan unsur hara, bahkan sebagian unsur hara bersifat esensial bagi tanaman yakni mempunyai fungsi khusus, mempunyai peran secara langsung dan fungsinya tidak bisa digantikan oleh unsur hara lainnya (Rivando, 2011).

Menurut Saptarini (2010), toksisitas ammonia terhadap organisme akuatik akan meningkat jika terjadi penurunan kadar oksigen terlarut serta peningkatan pH dan suhu air. Nilai $pH > 7$, ammonia tidak terionisasi yang bersifat toksik terdapat dalam jumlah yang lebih banyak. Kadar ammonia yang tidak terionisasi pada perairan tawar sebaiknya tidak lebih dari 0,02 mg/l, kondisi tersebut mengakibatkan perairan bersifat toksik bagi beberapa jenis ikan, adapun toksisitas akut pada ikan mas sebesar 2,0 mg/l.

Kandungan ammonia dalam air akan bertambah sesuai dengan kenaikan aktivitas ikan dan suhu air. Dalam praktek di lapangan, perairan sudah dikategorikan tercemar jika mengandung ammonia 1 ppm. Perairan yang baik untuk budidaya ikan adalah yang mengandung ammonia kurang dari 0,1 ppm. Ikan mas mulai terganggu pertumbuhannya dalam air yang mengandung ammonia 1,20 ppm, sedangkan konsentrasi di atas 2 ppm dapat membunuh sebagian besar jenis ikan. Dalam perairan yang belum tercemar ternyata kandungan ammonia masih jauh di bawah 0,02 ppm, dan konsentrasi ini dianggap aman bagi ikan-ikan budidaya (Kordi, 2004).

4.3.5 Nitrat (ppm)

Berdasarkan pengamatan tentang pengaruh perbedaan tanaman pada budidaya sistem akuoponik terhadap nitrat, pengukuran nitrat selama penelitian dilakukan 10 hari sekali. Data nitrat dapat dilihat pada Lampiran 9 dan grafik dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini :



Gambar 9. Grafik nilai Nitrat setelah perlakuan

Gambar grafik tersebut dapat diketahui bahwa, hasil pengukuran nitrat berkisar antara 0,25–0,31 ppm. Kisaran nitrat tersebut masuk ke

dalam kriteria pencemaran yang rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Widodo (2008), bahwa kadar konsentrasi nitrat didalam perairan untuk 0-5 adalah rendah, 5-10 adalah sedang dan > 10 adalah tinggi.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap nitrat maka dilakukan perhitungan sidik keragaman pada Lampiran 9. Nilai F hitung pada nitrat yaitu 0,37. Hasil ini kurang dari F 5%, yang berarti bahwa penggunaan akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap nitrat.

Taufik (2008), menyatakan nitrat yang dihasilkan melalui proses nitrifikasi di dalam bak filter dimanfaatkan sebagai sumber nutrisi oleh tanaman. Hal ini merupakan bagian yang penting dalam sistem akuaponik karna tanpa adanya pemanfaatan nitrat baik oleh tanaman akuatik maupun bakteri, dapat terjadi akumulasi nitrat pada kolam. Akumulasi tersebut akan menyebabkan masalah baru berupa eutrofikasi perairan. Menurut Fauzi (2008), eutrofikasi didefinisikan sebagai peningkatan jumlah nutrient dalam air, sehingga menyebabkan tumbuhnya alga, berkurangnya oksigen terlarut, dan kualitas air rusak secara umum.

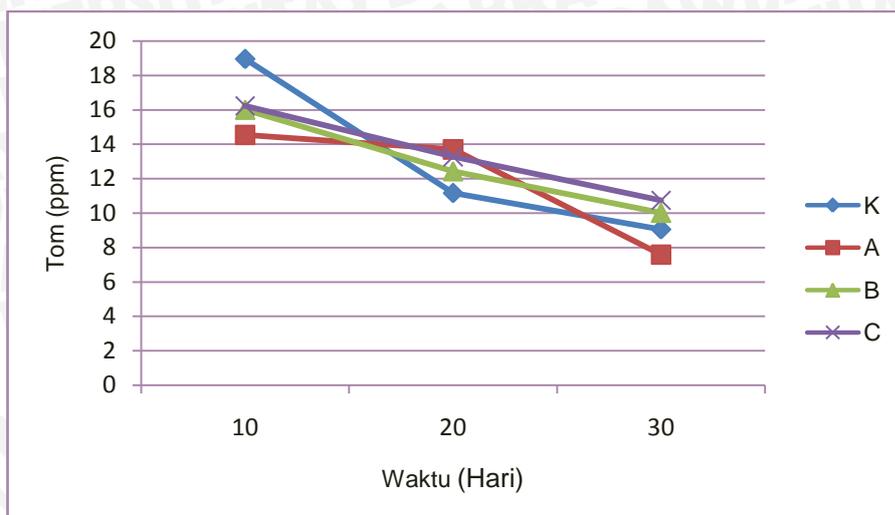
Tanaman menyerap unsur N dalam bentuk ammonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Keberadaan NH_4^+ sangat dinamis karena mudah berubah bentuk menjadi nitrat nitrogen (NO_3^-) akibat proses nitrifikasi. Kekurangan N mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat dan kerdil, daun kuning, serta mempengaruhi penyerapan P dan K dan pembentukan protein (Suwandi, 2009).

Menurut Sunarmi dan Purwohadijanto (1990), penyerapan hara dapat melalui daun dan akar dalam bentuk larutan atau gas. Penyerapan lewat daun, tidak seluruh daun dapat mengabsorpsi unsur hara, karena secara anatomis bagian epidermis daun terlindungi oleh kutikula yang sifatnya hidrofob sehingga unsur hara masuk melalui stomata dan epistoma. Unsur hara tidak begitu saja lewat stomata dan masuk ke dalam tubuh tanaman tetapi dipengaruhi oleh faktor luar (kelembaban, suhu, cahaya, dan pH) dan faktor dalam (xilem, ukuran daun, ada tidaknya bulu-bulu pada permukaan daun, dan jumlah stomata). Penyerapan lewat akar, tidak semua permukaan akar dapat menyerap unsur hara, tetapi bagian akar yang dapat menyerap unsur hara sangat kecil jika dibandingkan total tubuh akar yaitu sedikit dibelakang titik tumbuh dan pada bulu-bulu akar.

Ningrum (2011), menyatakan bahwa untuk keperluan konsumsi sehari kadar nitrat dalam air tidak boleh lebih dari 10 ppm. Sumber air untuk perikanan akan turun kualitasnya apabila kadar nitrat lebih dari 0,5 ppm.

4.3.6 TOM (ppm)

Pengamatan tentang pengaruh perbedaan tanaman pada budidaya system akuaponik terhadap TOM dapat dilihat pada Lampiran 10 dan grafik dapat dilihat pada gambar 10 berikut ini.



Gambar 10. Grafik nilai Tom setelah perlakuan

Gambar tersebut menunjukkan bahwa hasil TOM mengalami penurunan dari hari ke 10 sampai hari ke 30. Hasil rata-rata nilai TOM selama penelitian berkisar antara 11,936-13,406 ppm. Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap TOM, maka dilakukan perhitungan sidik keragaman pada Lampiran 10. Nilai F Hitung pada TOM yaitu 0,217. Hasil ini kurang dari 5%, yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap TOM.

Padatan teruspensi dapat berupa mineral atau bahan organik yang berasal dari erosi tanah, industry, pembuangan kotoran dan sampah yang dapat ditemukan di air permukaan. Padatan teruspensi bisa bersifat toksik bila dioksidasi berlebih oleh organism sehingga dapat menurunkan konsentrasi DO sampai dapat menyebabkan kematian pada ikan. Eningkatan padatan terlarut dapat membunuh ikan secara langsung, meningkatkan penyakit dan menurunkan tingkat pertumbuhan ikan serta perubahan tingkah laku dan penurunan reproduksi ikan. Selain itu, kuantitas makanan alami ikan akan semakin berkurang (Sari, 2007).

Kandungan bahan organik (biasanya terukur sebagai TOM atau *Total Organic Matter*, dalam ppm) merupakan indikasi adanya pencemaran bahan organik di dalam air. Dalam jumlah tertentu diyakini bisa memicu infeksi patogen yang berbahaya, sebut saja salah satunya bakteri *Vibrio*. Biasanya perairan dianggap aman jika kandungan TOM nya antara 40-80 ppm. Di bawah 40 ppm, perairan disebut 'miskin' kandungan bahan organik sehingga plankton sulit tumbuh. Sebaliknya jika nilai TOM tinggi, dimungkinkan menjadi tempat bersarangnya patogen berbahaya sehingga infeksi akan mudah terjadi (Anonymous^e, 2011).

4.3.7 Karbondioksida (ppm)

Selama penelitian dilakukan uji kualitas air yaitu CO₂ (Lampiran 11) dan grafik dapat dilihat pada Gambar 11 berikut ini :



Gambar 11. Grafik nilai CO₂ setelah perlakuan
Gambar tersebut dapat diketahui bahwa nilai CO₂ berkisar antara 18,64-

23,08 ppm. Menurut Ningrum (2011), tingginya kandungan CO₂ pada perairan dapat mengakibatkan terganggunya kehidupan biota perairan. Kandungan CO₂ dalam air yang aman tidak boleh melebihi 25 ppm, sedangkan konsentrasi CO₂ lebih dari 100 ppm akan menyebabkan semua organisme akuatik mengalami kematian.

Untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap CO₂, maka dilakukan perhitungan sidik keragaman pada Lampiran 11. Nilai F Hitung pada CO₂ yaitu 0,737. Hasil ini kurang dari 5%, yang berarti bahwa penggunaan tanaman yang berbeda pada budidaya sistem akuaponik tidak memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap CO₂.

Menurut Kordi (2004), bahwa kadar karbondioksida sebesar 5 ppm di dalam air masih dapat ditoleransi oleh ikan, asalkan kadar oksigennya cukup tinggi. Akan tetapi kadar karbondioksida 50-100 ppm dapat mematikan ikan dalam waktu lama, sedangkan kadar 100-200 ppm bersifat akut. Karena karbondioksida berbanding terbalik dengan oksigen, maka apabila konsentrasi oksigen berada pada tingkat maksimal pengaruh gas karbondioksida dapat diabaikan.

Menurut Andayani (2005), selama karbondioksida diubah, karbonat terkumpul terhidrolisis dan pH bertambah. Tanaman selanjutnya dapat menggunakan sejumlah kecil karbondioksida yang tersedia pada nilai pH di atas 8,3 dan bikarbonat diserap oleh tanaman dan beberapa karbon dari bikarbonat digunakan dalam fotosintesis. Konsentrasi bikarbonat rendah, air menjadi buffer dan nilai pH dari 9–10 bias terjadi selama periode fotosintesis. Selama malam hari karbondioksida terkumpul dan pH menurun.

Sumber gas CO₂ didalam air adalah hasil pernafasan oleh binatang-binatang air dan tumbuh-tumbuhan serta pembakaran bahan organik didalam air oleh jasad renik. Bagian air yang banyak mengandung CO₂ adalah didasar perairan, karena ditempat itu terjadi proses pembakaran bahan organik yang cukup banyak. Pengaruh CO₂ yang terlalu banyak tidak saja terhadap perubahan pH air, tetapi juga bersifat racun. Dengan meningkatnya CO₂, maka O₂ dalam air juga ikut menurun, sehingga pada level tertentu akan berbahaya bagi kehidupan binatang air. Kadar CO₂ yang bebas didalam air tidak boleh

mencapai batas yang mematikan (lethal), pada kadar 20 ppm sudah merupakan racun bagi ikan dan mematikan ikan jika kelarutan oksigen didalam air kurang dari 5 ppm (5 mg/l) (Gusrina, 2008).



V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda terhadap kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*), dapat diambil kesimpulan bahwa:

- ❖ Persentase rata-rata kelulushidupan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) setelah penelitian yaitu perlakuan C dengan menggunakan tanaman kangkung : sawi (25%:25%) 77,5%, B dengan tanaman sawi (50%) 76,66%, A dengan tanaman kangkung (50%) 75,83% dan yang terendah K tanpa tanaman 75%.
- ❖ Laju pertumbuhan benih ikan mas (*Cyprinus carpio*) berkisar antara 2,68-3,04 (%BW/hari) dan hasil pengukuran parameter kualitas air selama penelitian adalah ammonia berkisar antara 0,186-0,24 ppm, sedangkan Suhu pada pagi hari berkisar antara 23,90-24,14°C dan suhu pada sore hari berkisar antara 26,07-26,50°C, pH pada pagi hari berkisar antara 7,42-7,496 dan pH pada sore hari berkisar antara 7,596-7,676, DO pada pagi hari berkisar antara 6,226-6,229 ppm dan DO pada sore hari berkisar antara 6,34-6,39 ppm. Nitrat berkisar antara 0,25-0,31 ppm sedangkan TOM berkisar antara 11,936-13,406 ppm dan CO₂ berkisar antara 18,64-23,08 ppm.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, disarankan untuk menggunakan tanaman kangkung (A) karena pertumbuhan benih ikan

mas lebih cepat. Selain itu disarankan untuk melakukan penelitian lanjutan dengan menambah waktu pelaksanaan penelitian, mengganti jenis ikan dan jenis tanaman, mengganti media tanam dan model resirkulasi dalam sistem akuaponik.



DAFTAR PUSTAKA

Ahmad, T., Sutrisno. dan Imam T. 2007. **Pemanfaatan Lingkungan Perkotaan Untuk Perikanan Budi Daya Air Tawar**. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar. Bogor. Tidak di Terbitkan.

Alit. 2009. **Pengaruh Padat Penebaran Terhadap Pertambahan Berat Dan Panjang Badan Belut Sawah (*Monopterus albus*)**. FMIPA Universitas Udayana. Diakses pada Tanggal 4 Desember 2010.

Andayani. 2005. **Manajemen Kualitas Air Untuk Budidaya Perairan**. Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.

Anonymous. 2010^a. **Ikan Mas**. http://t1.gstatic.com/images?q=tbn:And9GcQrL0gcoGKCOsGx_hRfroT6Ptf_cXTRblgl60DKCe3JvzzPv6wFmgVokA. Diakses pada tanggal 25 November 2010.

_____ 2011^a. **Kangkung Darat**. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=717>. Diakses tanggal 20 Januari 2011.

_____ 2011^b. **Sawi**. <http://www.plantamor.com/index.php?plant=220>. Diakses. Pada tanggal 20 Januari 2011.

_____ 2011^c. **Teknik Akuaponik**. <http://zonaikan.wordpress.com./2009/09/19/teknik-akuaponik/>. Diakses pada tanggal 21 Februari 2011.

_____ 2011^d. **hobiikan.blogspot.com/2009/01/kunci-keberhasilan-budidaya-ikan-hias**.

_____ 2011^e. **Trobos.com-manajemen tendon agar optimal.htm**.

_____ 2011^f. [http://kuliahitukeren.blogspot.com/2011/pertumbuhan dan kelulus-hidupn-post.html](http://kuliahitukeren.blogspot.com/2011/pertumbuhan_dan_kelulus-hidupn-post.html). Diakses tanggal 9 maret 2011.

Arie. 2008. <http://solusiikanmas.blogspot.com/2008/03/morfologi-ikanmas.html>. Diakses tanggal 8 Februari 2011.

Barus, T.A. 2002. **Pengantar Limnologi**. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatera Utara. Medan.

Boyd, C. E. 1982. **Water Quality Management For Pond Fish Culture**. Elsevier Scientific Publishing Company. New York.

- Diver, S. 2006. **Aquaponic-Integration of hydroponic with aquaculture.** National Center for Appropriate Technology. Departement of Agriculture's Runal Bussiness Cooperative Servise. p. 28.
- Effendi, H. 2003. **Telaah Kualitas Air.** Kanisius. Yogyakarta.
- Ekawati, L. 2005. **Pakan Ikan.** Kanisius. Yogyakarta.
- Erlina, A., Agus H. dan Suminto. 2007. **Kualitas Perairan di Sekitar BBPBAP Jepara Ditinjau dari Aspek Produktivitas Primer Sebagai Landasan Operasional Pengembangan Budidaya Udang dan Ikan.** Fak Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro. Diakses tanggal 5 Juni 2011.
- Fauzi, A. 2008. **Analisa Kadar Unsur Hara Karbon Organik dan Nitrogen di dalam Tanah Perkebunan Kelapa Sawit Bengkalis Riau.** Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Fujaya, Y. 2004. **Fisiologi Ikan Dasar Pengembangan Teknologi Perikanan.** Rineka Cipta. Jakarta.
- Gusrina. 2008. **Budidaya Ikan Jilid 1.** Direktorat pembinaan Sekolah Menengah Kejurusan. Jakarta.
- Handajani, H dan wahyu. 2010. **Nutrisi Ikan.** Umm Press. Malang.
- Hariati, A.M. 1989. **Makanan Ikan.** Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.
- Irawan, D. 1986. **Perbandingan Pertumbuhan dan Produksi Ikan Mas (*Cyprinus carpio* L.) Ras Majalaya, Punten, Sinyonya dan Taiwan.** Fakultas Perikanan. Institut Pertanian Bogor.
- Irianto A. 2005. **Patologi Ikan Teleostei.** Gajah Mada.
- Izzati. 2009. **Perubahan Konsentrasi Oksigen Terlarut Dan pH Perairan Tambak Setelah Penambahan rumput Laut *Sargassum Plaggyophyllum* Dan Ekstraknya.** FMIPA Undip. Diakses Pada Tanggal 5 Januari 2011.
- Jubaedah, I. 2006. **Pengelolaan Waduk Bagi Kelestarian Dan Keanekaragaman Hayati Ikan.** Penyuluhan Perikanan STP Jakarta. Diakses Pada Tanggal 19 Desember 2010.

Khairuman, SP, Sudendo, D dan B. Gunadi. 2002. **Budidaya Ikan Mas Secara Intensif**. Agromedia Pustaka. Depok.

Kordi, G. 2004. **Penanggulangan Hama dan Penyakit Ikan**. Rineka Cipta. Jakarta.

Kordi, G. 2009. **Budi Daya Perairan**. PT Citra Aditya Bakti. Bandung.]

Kordi, G dan A. Tancung. 2007. **Pengelolaan Kualitas Air**. Rineka Cipta. Jakarta.

Kusdiarti; T. Ahmat; Sutrisno; dan yohanna. 2006. Budidaya **Ikan Nila Hemat Lahan Dan Air Dengan Sistem Akuaponik**. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar. Bogor. Tidak Di Terbitkan.

Lesmana, D.S. 2005. **Kualitas Air Untuk Ikan Hias Air Tawar**. Penebar Swadaya. Jakarta.

Listyanto, N dan S. Andrianto. 2008. **Manfaat Penerapan Teknologi Akuaponik Dari Aspek Teknis Budidaya Dan Siklus Nutrien**. Bioketnologi. UGM. Diakses Pada Tanggal 12 Agustus 2009.

Liviawati, E dan E. Afrianto. 1992. **Pengendalian Hama Dan penyakit ikan**. Kanasius. Yogyakarta.

Nasution, M.I. 2008. **Penentuan Jumlah Amoniak Dan Total Padatan Teruspensi Pada Pengolahan Air Limbah PT. Bridgestone Sumatera Rubber Estate Dolok Merangir**. FMIPA Universitas Sumatera Utara Medan. Diakses Pada Tanggal 5 Januari 2011.

Natzir, M. 1983. **Metode Penelitian**. Ghalia Indonesia. Jakarta.

Ningrum, A. N. 2011. **Pengaruh Kerapatan Enceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Yang Berbeda Pada Limbah Cair Pabrik Gula Terhadap Kelulushidupan Dan Pertumbuhan Benih Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)**. Universitas Brawijaya. Malang Skripsi.

Nugroho, E. dan Sutrisno. 2008. **Budidaya Ikan dan Sayuran dengan Sistem Akuaponik**. Penebar Swadaya. Jakarta.

Nuryadi, Sutrisno. Winarlih. dan S. Lilis. 2009. **Pengelolaan Lingkungan Budidaya Akuaponik**. Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar. Bogor. Tidak diterbitkan

Patriono, E., Endri, J. dan S. Asri. 2009. **Pengaruh Pemotongan Sirip Terhadap Pertumbuhan Panjang Tubuh Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)**

L). FMIPA Universitas Sriwijaya Sumatera Selatan. Diakses Pada Tanggal 18 Desember 2010

Rivando, 2011. <http://sylesterunila.blogspot.com/2011/11/penyerapan-unsurhara.html>. **Penyerapan Unsur Hara (Makalah Fisiologi Pohon)**. Fkultas Pertanian. Univesitas Lampung. Diakses Tanggal 06 Desember 2011.

Rudiyanti, S dan A. Diana. 2009. **Pertumbuhan dan Survival Rate Ikan Mas (*Cyprinus carpio* linn) pada berbagai konsentrasi pestisida Regen 0,3 G**. Fak Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Diponegoro.

Rukmana, R. 1994. **Petsai dan Sawi**. Kanasius. Yogyakarta
_____ 1994. **Bertanam Kangkung**. Kanasius. Yogyakarta

Rusdy. 2010. **Dasar-Dasar Akuaponik**. <http://id.shvoong.com/exact-sciences/agronomy-agriculture/2022076-dasar-dasar-akuaponik/>. Diakses tanggal 18 November 2010

Salmin. 2005. **Oksigen Terlarut (DO) Dan Kebutuhan Oksigen Biologi (BOD) Sebagai Salah satu Indikator Untuk Menentukan Kualitas Perairan**. Oseana, Volume xxx nomor 3,2005. Diakses Pada Tanggal 23 Januari 2011

Santoso, B. 2003. **Ikan Mas**. Kanasius. Yogyakarta

Sari, S. 2007. **Kualitas Air Sungai Maron Dengan Perlakuan Keramba Ikan Di Kecamatan Trawas Kabupaten Mojokerto Jawa Timur**. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Lambung Mangkurat Kalimantan Selatan.

Saptarini, P. 2010. **Efektivitas teknologi akuaponik dengan kangkung darat (*Ipomoea reptans*) terhadap penurunan amonia pada pembesaran ikan mas**. IPB. Bogor. Tidak di terbitkan

Sasongko. 2006. **Kontribusi Air Limbah Domestik Penduduk Di Sekitar Sungai Tuk Terhadap Kualitas Air Sungai Kaligarang Serta Upaya Penanganannya**. Pasca Serjana UNDIP. Diakses Pada Tanggal 23 januari 2011

Sastrosupadi, A. 2000. **Rancangan Percobaan Praktis Bidang Pertanian**. Kanisius. Yogyakarta.

Subarjanti, H. U. 1990. **Diktat Tanaman Air**. Universitas Brawijaya. Malang. 56 Halaman.

Sumoharjo. 2010. **Penyisihan limbah nitrogen pada pemeliharaan ikan nila (*Oreochromis niloticus*) dalam sistem akuaponik : konfigurasi desain bioreaktor.** IPB.Bogor. Tidak di terbitkan.

Sunarmi, P. dan Purwohadijanto. 1990. **Diktat Tanaman Air.** Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang.

Susanto, H. 2009. **Budi Daya Ikan diperkarangan.** Penebar Swadaya. Jakarta.

Sutrisno. 2009. **Kajian Teknologi Kolam dengan Substrat Buatan dan Akuaponik dalam Penanggulangan Limbah Domestik untuk Budidaya Ikan.** Laporan Seminar Hasil Riset Tahun Anggaran 2009 Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar.

Suwandi. 2009. Menakar **Kebutuhan Hara Tanaman dalam Pengembangan Inovasi Budidaya Sayuran Berkelanjutan.** Pengembangan Inovasi Pertanian 2.

Syafiuddin. 2004. **Pembenihan Dan Penangkaran Sebagai Alternatif Pelestarian Populasi Kuda Laut (*Hyppocampus spp*) Di Alam.** FMIPA IPB. Diakses Pada Tanggal 5 Januari 2011

Taufik, I., Yosmaniar. dan Sutrisno. 2008. **Interval Waktu Sirkulasi Air Dalam Ikan Yang Dirancang Untuk Sistem Akuaponik Secara Komersial.** Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar. Bogor. Tidak Di Terbitkan.

Ulqodry, T., Yulisman., Muhammad, S. dan Santoso. 2010. **Karateristik Dan Sebaran Nitrat,Fosfat, Dan Oksigen Terlarut Di Perairan Karimunjawa Jawa Tengah.** FMIPA. Universitas Sriwijaya. Diakses Pada Tanggal 25 Januari 2011

Wibowo, K.T. 2002. **Pengaruh Pemberian KmnO₄ (Kalium Permanganat) Dengan Dosis Yang Berbeda Terhadap Ikan Maskoki (*Carassius auratus* Linn.) Yang Terinfeksi *Argulus* sp.** Fakultas Perikanan Universitas Brawijaya. Malang. Tidak diterbitkan

Widodo, P. 2008. **Potensi Pencemaran Air Tanah Oleh Penggunaan Pupuk Nitrogen Pada Tanaman Melon Di Kecamatan Kebonarum Kabupaen Klaten.** Fakultas Geografi Universitas Muhammadiyah Surakarta. Diakses Pada Tanggal 2 Februari 2011.

Widodo, W. 2010. **Nutrisi Ikan.** UMM Press. Malang.

Widyastuti, YR., Dwi P. dan Sutrisno. 2008. **Perubahan keanekaragaman makrobentos dalam kolam ikan sistim akuaponik skala komersial.** Balai Riset Perikanan Budidaya Air Tawar. Bogor. Tidak Di Terbitkan.



LAMPIRAN



Lampiran 1. Gambar Akuarium



Gambar : Akuarium



Akuarium A



Akuarium B



Akuarium C



Akuarium Kontrol

Lampiran 2. Gambar Ikan Mas (*Cyprinus carpio*) dan Alat Pengukur Kualitas Air



Gambar Benih Ikan Mas



Gambar pH Meter dan DO Meter



Spektrofotometer



Hot plate

Lampiran 3. Data dan Rancangan Acak Lengkap Kelulushidupan (%) ikan mas (*Cyprinus carpio*)

Data Rata-rata Pengamatan Kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	77,5	70	77,5	225	75
A	80	72,5	75	227,5	75,8333
B	85	72,5	72,5	230	76,6667
C	82,5	72,5	77,5	232,5	77,5
Total				915	

Data Transformasi Kelulushidupan Benih Ikan Mas ($\text{Arcsin}\sqrt{\%}$)

perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
K	61,68	56,79	61,68	180,15	60,05
A	63,44	58,37	60	181,81	60,6033
B	67,21	58,37	58,37	183,95	61,3167
C	65,27	58,37	61,68	185,32	61,7733
Total				731,23	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{731,23^2}{12} = 4458,109$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 61,68^2 + 56,79^2 + 61,68^2 + \dots + 61,68^2 - 4458,109 \\ &= 110,480 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(180,15)^2}{3} + \frac{(181,81)^2}{3} + \frac{(183,95)^2}{3} + \frac{(185,32)^2}{3} - 4458,109 \\ &= 5,225 \end{aligned}$$

Lampiran 3. (Lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 110,480 - 5,225 \\ &= 105,26 \end{aligned}$$

Uji keragaman kelulushidupan Benih Ikan Mas (%)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	5,225	1,7417	0,13238 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAК	8	105,26	13,1569	-	-	-
TOTAL	11	110,48	-	-	-	-

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).



Lampiran 4. Data dan rancangan Acak Lengkap laju Pertumbuhan SGR ikan mas (*Cyprinus carpio*) (%BW/hari)

Data Pertumbuhan Ikan Mas selama penelitian

Perlakuan	Sampling				
	16 April 11	23 April 11	30 April 11	7 Mei 11	14 Mei 11
A1 (gr)	2,05	2,54	3,13	4,29	4,81
A2 (gr)	1,89	2,69	3,12	4	4,81
A3 (gr)	1,91	2,69	2,96	3,66	4,18
B1 (gr)	2,21	2,66	3,22	4,81	5,17
B2 (gr)	1,95	2,35	2,74	3,17	3,81
B3 (gr)	2,11	2,48	3,22	3,43	4,38
C1 (gr)	2,03	2,42	3,03	3,82	5,39
C2 (gr)	2,14	2,74	3,02	3,65	4,28
C3 (gr)	1,84	2,28	2,98	3,38	3,72
K1 (gr)	2,03	2,4	3,02	3,74	4,51
K2 (gr)	2,11	2,57	3,06	3,78	4,57
K3 (gr)	2,03	2,76	3,99	4,41	4,95

Laju Pertumbuhan SGR

• **A1**

$$A1 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$A1 = \frac{\ln 4,81 - \ln 2,05}{28} \times 100 \%$$

$$A1 = \frac{0,85}{28} \times 100 \%$$

$$A1 = \mathbf{3,03\%}$$

• **A2**

$$A2 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$A2 = \frac{\ln 4,81 - \ln 1,89}{28} \times 100 \%$$

$$A2 = \frac{0,93}{28} \times 100 \%$$

$$A2 = \mathbf{3,32\%}$$

Lampiran 4. (Lanjutan)

- **A3**

$$A3 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$A3 = \frac{\ln 4,18 - \ln 1,91}{28} \times 100 \%$$

$$A3 = \frac{0,78}{28} \times 100 \%$$

$$A3 = \mathbf{2,78\%}$$

- **B1**

$$B1 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$B1 = \frac{\ln 5,17 - \ln 2,21}{28} \times 100 \%$$

$$B1 = \frac{0,85}{28} \times 100 \%$$

$$B1 = \mathbf{3,03\%}$$

- **B2**

$$B2 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$B2 = \frac{\ln 3,81 - \ln 1,95}{28} \times 100 \%$$

$$B2 = \frac{0,67}{28} \times 100 \%$$

$$B2 = \mathbf{2,39\%}$$

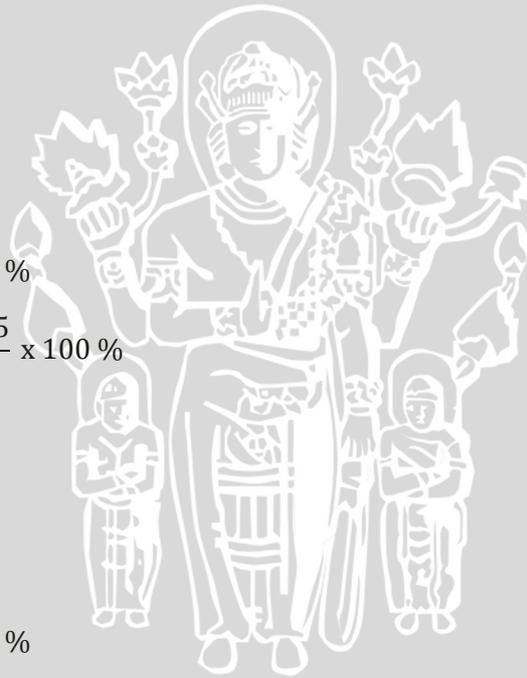
- **B3**

$$B3 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$B3 = \frac{\ln 4,38 - \ln 2,11}{28} \times 100 \%$$

$$B3 = \frac{0,73}{28} \times 100 \%$$

$$B3 = \mathbf{2,61\%}$$



Lampiran 4. (Lanjutan)

- **C1**

$$C1 = \frac{\text{Ln } wt - \text{Ln } wo}{T} \times 100 \%$$

$$C1 = \frac{\text{Ln } 5,39 - \text{Ln } 2,03}{28} \times 100 \%$$

$$C1 = \frac{0,97}{28} \times 100 \%$$

$$C1 = \mathbf{3,46\%}$$

- **C2**

$$C2 = \frac{\text{Ln } wt - \text{Ln } wo}{T} \times 100 \%$$

$$C2 = \frac{\text{Ln } 4,28 - \text{Ln } 2,14}{28} \times 100 \%$$

$$C2 = \frac{0,69}{28} \times 100 \%$$

$$C2 = \mathbf{2,46\%}$$

- **C3**

$$C3 = \frac{\text{Ln } wt - \text{Ln } wo}{T} \times 100 \%$$

$$C3 = \frac{\text{Ln } 3,72 - \text{Ln } 1,84}{28} \times 100 \%$$

$$C2 = \frac{0,70}{28} \times 100 \%$$

$$C2 = \mathbf{2,5\%}$$

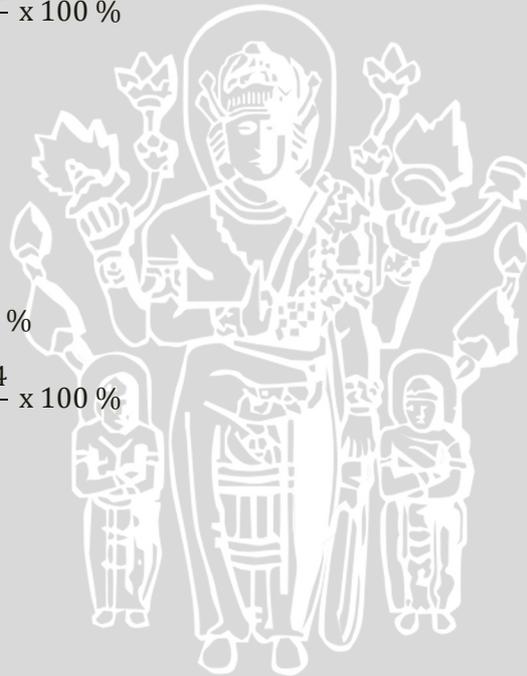
- **K1**

$$K1 = \frac{\text{Ln } wt - \text{Ln } wo}{T} \times 100 \%$$

$$K1 = \frac{\text{Ln } 4,51 - \text{Ln } 2,03}{28} \times 100 \%$$

$$K1 = \frac{0,79}{28} \times 100 \%$$

$$K1 = \mathbf{2,82\%}$$



Lampiran 4. (Lanjutan)

- **K2**

$$K2 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$K2 = \frac{\ln 4,57 - \ln 2,11}{28} \times 100 \%$$

$$K2 = \frac{0,77}{28} \times 100 \%$$

$$K2 = \mathbf{2,75\%}$$

- **K3**

$$K3 = \frac{\ln wt - \ln wo}{T} \times 100 \%$$

$$K3 = \frac{\ln 4,95 - \ln 2,03}{28} \times 100 \%$$

$$K3 = \frac{0,89}{28} \times 100 \%$$

$$K3 = \mathbf{3,18\%}$$

Data Rata-rata Pertumbuhan Ikan Mas

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	2,82	2,75	3,18	8,75	2,92
Kangkung 50%	3,03	3,32	2,78	9,13	3,04
Sawi 50%	3,03	2,39	2,61	8,03	2,68
Kangkung:sawi (25%:25%)	3,46	2,46	2,5	8,24	2,81
Total				34,33	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{34,33^2}{12}$$

$$= \mathbf{98,21}$$

$$\text{JK Total} = K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK$$

$$= 2,82^2 + 2,75^2 + 3,18^2 + \dots + 2,5^2 - 98,21$$

$$= \mathbf{1,32}$$

Lampiran 4. (Lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(8,75)^2}{3} + \frac{(9,13)^2}{3} + \frac{(8,03)^2}{3} + \frac{(8,42)^2}{3} - 98,21 \\ &= 0,22 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 1,32 - 0,21 \\ &= 1,11 \end{aligned}$$

Sidik Ragam Laju Pertumbuhan SGR ikan mas (*Cyprinus carpio*)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,21	0,07	0,53 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAk	8	1,11	0,13			
TOTAL	11	1,32				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Lampiran 5. Data rata-rata suhu (°C) pagi dan suhu (°C) sore selama penelitian

• Suhu pagi (°C)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	24,05	23,85	23,81	71,71	23,90
Kangkung (50%)	24,11	23,87	23,87	71,85	23,95
Sawi (50%)	24,11	24,06	24,25	72,42	24,14
Kangkung:sawi (25%:25%)	23,96	23,96	23,78	71,7	23,9
Total				287,68	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{287,68^2}{12} = 6896,65$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 24,05^2 + 23,85^2 + 23,81^2 + \dots + 23,78^2 - 6896,65 \\ &= 0,23 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(71,71)^2}{3} + \frac{(71,85)^2}{3} + \frac{(72,42)^2}{3} + \frac{(71,7)^2}{3} - 6896,65 \\ &= 0,12 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0,23 - 0,12 \\ &= 0,11 \end{aligned}$$

Lampiran 5. (Lanjutan)

Tabel sidik ragam suhu (°C) pagi

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,12	0,038	2,714 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,11	0,014			
TOTAL	11	0,23				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

• Suhu Sore (°C)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	26,49	26,25	26,31	79,05	26,35
Kangkung 50%	25,97	26,48	26,21	78,66	26,22
Sawi 50%	26,91	26,41	26,19	79,51	26,50
Kangkung:sawi (25%:25%)	26,53	26,36	25,34	78,23	26,07
Total				315,45	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{315,45^2}{12} = 8292,39$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 26,49^2 + 26,25^2 + 26,31^2 + \dots + 25,34^2 - 8292,39 \\ &= 1,56 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(79,05)^2}{3} + \frac{(78,66)^2}{3} + \frac{(79,51)^2}{3} + \frac{(78,23)^2}{3} - 8292,39 \\ &= 0,30 \end{aligned}$$

Lampiran 5. (Lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 1,56 - 0,30 \\ &= 1,26 \end{aligned}$$

Tabel sidik ragam suhu ($^{\circ}\text{C}$) sore

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,30	0,09	0,6 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAK	8	1,26	0,15			
TOTAL	11	1,56				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).



Lampiran 6. Data rata-rata pH pagi dan pH sore selama penelitian

• pH Pagi

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	7,53	7,48	7,48	22,49	7,49667
Kangkung (50%)	7,48	7,47	7,52	22,47	7,49
Sawi (50%)	7,48	7,45	7,44	22,37	7,45667
Kangkung:Sawi (25%:25%)	7,37	7,44	7,45	22,26	7,42
Total				89,59	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{89,59^2}{12} = 666,864$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 7,53^2 + 7,48^2 + 7,48^2 + \dots + 7,45^2 - 666,864 \\ &= 0,018892 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(22,49)^2}{3} + \frac{(22,47)^2}{3} + \frac{(22,37)^2}{3} + \frac{(22,26)^2}{3} - 666,864 \\ &= 0,011158 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0,018892 - 0,011158 \\ &= 0,007733 \end{aligned}$$

Lampiran 6. (Lanjutan)

Tabel sidik ragam pH sore

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,01116	0,00372	3,84775 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,01	0,00097			
TOTAL	11	0,02				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

• pH sore

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	7,69	7,64	7,68	23,01	7,67
Kangkung 50%	7,65	7,64	7,7	22,99	7,66333
Sawi 50%	7,74	7,66	7,63	23,03	7,67667
Kangkung:Sawi (25%:25%)	7,6	7,61	7,58	22,79	7,59667
Total				91,82	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{91,82^2}{12} = 702,576$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 7,69^2 + 7,64^2 + 7,68^2 + \dots + 7,58^2 - 702,576 \\ &= 0,022767 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(23,01)^2}{3} + \frac{(22,99)^2}{3} + \frac{(23,03)^2}{3} + \frac{(22,79)^2}{3} - 702,576 \\ &= 0,012367 \end{aligned}$$

Lampiran 6. (Lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0,022767 - 0,012367 \\ &= \mathbf{0,0104} \end{aligned}$$

Tabel sidik ragam pH sore

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,012367	0,00412	3,17103 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,0104	0,0013			
TOTAL	11	0,02				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).



Lampiran 7. Data rata-rata DO (ppm) pagi dan DO (ppm) sore

• DO pagi (ppm)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	6,29	6,27	6,26	18,82	6,27333
Kangkung 50%	6,25	6,27	6,26	18,78	6,26
Sawi 50%	6,19	6,21	6,28	18,68	6,22667
Kangkung;Sawi (25%:25%)	6,22	6,31	6,34	18,87	6,29
Total				75,15	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{75,15^2}{12} = 470,627$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 6,29^2 + 6,27^2 + 6,26^2 + \dots + 6,34^2 - 470,627 \\ &= 0,01942 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(18,82)^2}{3} + \frac{(18,87)^2}{3} + \frac{(18,68)^2}{3} + \frac{(18,78)^2}{3} - 470,627 \\ &= 0,00649 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0,01942 - 0,00649 \\ &= 0,01293 \end{aligned}$$

Lampiran 7. (Lanjutan)
Tabel sidik ragam DO (ppm) pagi

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,00649	0,00216	1,33849 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,01	0,00162			
TOTAL	11	0,02				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

• DO (ppm)Sore

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	6,36	6,35	6,33	19,04	6,34667
Kangkung 50%	6,32	6,34	6,36	19,02	6,34
Sawi 50%	6,37	6,33	6,36	19,06	6,35333
Kangkung:Sawi (25%:25%)	6,39	6,39	6,4	19,18	6,39333
Total				76,3	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{76,3^2}{12} = 485,141$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 6,36^2 + 6,29^2 + 6,31^2 + \dots + 6,4^2 - 485,141 \\ &= 0,00737 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(19,04)^2}{3} + \frac{(19,02)^2}{3} + \frac{(19,06)^2}{3} + \frac{(19,18)^2}{3} - 485,141 \\ &= 0,00517 \end{aligned}$$

Lampiran 7. (Lanjutan)

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0,00737 - 0,00517 \\ &= 0,0022 \end{aligned}$$

Tabel sidik ragam DO (ppm) Sore

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,00517	0,00172	6,26667	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,0022	0,00028			
TOTAL	11	0,01				

(*) : Berbeda nyata

Uji Beda Nyata Terkecil :

$$\text{SED} = \sqrt{\frac{2KT_{Acak}}{3}}$$

$$= \sqrt{\frac{2 \times 0,00028}{3}}$$

$$= 0,014$$

$$\text{BNT 5\%} = t \text{ tabel 5\% (db acak)} \times \text{SED}$$

$$= 2,306 \times 0,014$$

$$= 0,032$$

$$\text{BNT 1\%} = t \text{ tabel 1\% (db acak)} \times \text{SED}$$

$$= 3,355 \times 0,014$$

$$= 0,0469$$

Tabel Uji Beda Nyata (BNT)

Rata-rata perlakuan	A (6,34)	K (6,34)	B (6,35)	C (6,39)	Notasi
A (6,34)	-	-	-	-	a
K (6,34)		-	-	-	a
B (6,35)	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-	-	a
C (6,39)	0,05 [*]	0,05 [*]	0,04 [*]	-	b

Keterangan : (ns) = Tidak berbeda nyata

(*) = Berbeda nyata

Lampiran 8. Data rata-rata ammonia (ppm) selama penelitian

Data kualitas air Ammonia (ppm)

Perlakuan	26 April 11 (H-10)	6 Mei 11 (H-20)	6 Mie 11 (H-30)	Jumlah	Rata-rata
K1	0,31	0,17	0,15	0,63	0,21
K2	0,35	0,25	0,23	0,83	0,28
K3	0,29	0,2	0,21	0,7	0,23
A1	0,27	0,16	0,15	0,58	0,19
A2	0,27	0,17	0,1	0,54	0,18
A3	0,27	0,19	0,12	0,58	0,19
B1	0,32	0,16	0,14	0,62	0,21
B2	0,29	0,14	0,18	0,61	0,20
B3	0,28	0,16	0,11	0,55	0,18
C1	0,32	0,16	0,16	0,64	0,21
C2	0,41	0,14	0,16	0,71	0,24
C3	0,31	0,23	0,16	0,7	0,23

Nilai Rata-rata Ammonia (ppm) selama penelitian

Waktu (Hari)	K	A	B	C
10	0,32	0,27	0,29	0,35
20	0,2	0,17	0,15	0,17
30	0,19	0,12	0,14	0,16

Data rata-rata Ammonia (ppm)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	0,21	0,28	0,23	0,72	0,24
Kangkung 50%	0,19	0,18	0,19	0,56	0,18667
Sawi 50%	0,21	0,2	0,18	0,59	0,19667
Kangkung:Sawi (25%:25%)	0,21	0,24	0,23	0,68	0,22667
Total				2,55	

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{2,49^2}{12} = 0,54$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 0,19^2 + 0,24^2 + 0,23^2 + \dots + 0,23^2 - 0,54 \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

Lampiran 8. (Lanjutan)

$$\begin{aligned}
 \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\
 &= \frac{(0,66)^2}{3} + \frac{(0,56)^2}{3} + \frac{(0,59)^2}{3} + \frac{(0,68)^2}{3} - \\
 &= 0,54 \\
 &= 0,0056
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\
 &= 0,005 - 0,003 \\
 &= 0,0036
 \end{aligned}$$

Tabel sidik ragam Ammonia (ppm)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,0056	0,00187	4,16296*	4,07%	7,59%
ACAK	8	0,0036	0,00045			
TOTAL	11	0,009				

Keterangan : (*) Berbeda nyata

Uji Beda Nyata Terkecil :

$$\begin{aligned}
 \text{SED} &= \sqrt{\frac{2KT_{Acak}}{3}} \\
 &= \sqrt{\frac{2 \times 0,00045}{3}} \\
 &= 0,017
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 5\%} &= t \text{ tabel 5\% (db acak) x SED} \\
 &= 2,306 \times 0,017 \\
 &= 0,039
 \end{aligned}$$

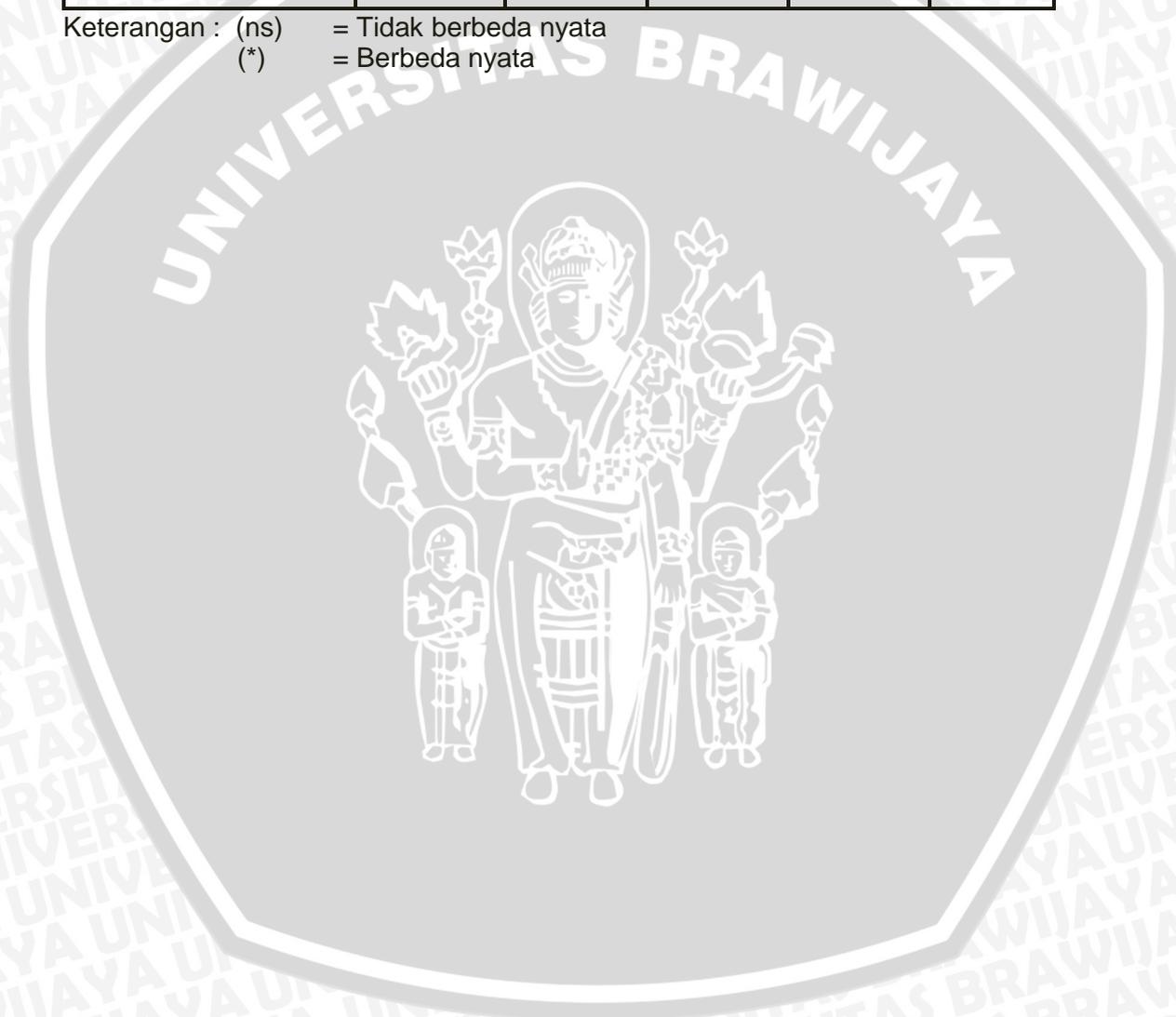
$$\begin{aligned}
 \text{BNT 1\%} &= t \text{ tabel 1\% (db acak) x SED} \\
 &= 3,355 \times 0,017 \\
 &= 0,057
 \end{aligned}$$

Lampiran 8. (Lanjutan)

Tabel Uji Beda Nyata (BNT)

Rata-rata perlakuan	A (0,186)	B (0,196)	C (0,226)	K (0,24)	Notasi
A (0,186)	-	-	-	-	a
B (0,196)	0,01 ^{ns}	-	-	-	a
C (0,226)	0,04*	0,03 ^{ns}	-	-	ab
K (0,24)	0,054*	0,044*	0,014 ^{ns}	-	b

Keterangan : (ns) = Tidak berbeda nyata
(*) = Berbeda nyata



Lampiran 9. Data rata-rata nilai nitrat (ppm) selama penelitian

Data rata-rata Nitrat (ppm)

Perlakuan	26 April 11 (H-10)	6 Mei 11 (H-20)	16 Mei 11 (H-30)	Jumlah	Rata-rata
K1	0,231	0,151	0,27	0,652	0,22
K2	0,173	0,396	0,377	0,946	0,32
K3	0,114	0,247	0,279	0,64	0,21
A1	0,285	0,306	0,596	1,187	0,39
A2	0,122	0,213	0,27	0,605	0,20
A3	0,265	0,467	0,321	1,053	0,35
B1	0,176	0,263	0,22	0,659	0,22
B2	0,275	0,254	0,211	0,74	0,25
B3	0,18	0,429	0,515	1,124	0,37
C1	0,286	0,239	0,25	0,775	0,26
C2	0,117	0,463	0,41	0,99	0,33
C3	0,224	0,258	0,328	0,81	0,27

Nilai Rata-rata Nitrat (ppm) selama penelitian

Waktu (Hari)	K	A	B	C
10	0,17	0,22	0,21	0,21
20	0,26	0,33	0,32	0,32
30	0,31	0,39	0,32	0,33

Data rata-rata nitrat (ppm)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	0,22	0,32	0,21	0,75	0,25
Kangkung 50%	0,39	0,2	0,35	0,94	0,31333
Sawi 50%	0,22	0,25	0,37	0,84	0,28
Kangkung:Sawi (25%:25%)	0,26	0,33	0,27	0,86	0,28667
Total				3,39	

Lampiran 9. (Lanjutan)

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{3,39^2}{12} = 0,96$$

$$\begin{aligned} \text{JK Total} &= K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ &= 0,22^2 + 0,32^2 + 0,21^2 + \dots + 0,27^2 - 0,96 \\ &= 0,049 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Perlakuan} &= \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ &= \frac{(0,75)^2}{3} + \frac{(0,94)^2}{3} + \frac{(0,84)^2}{3} + \frac{(0,86)^2}{3} - 0,96 \\ &= 0,006 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{JK Acak} &= \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ &= 0,049 - 0,006 \\ &= 0,043 \end{aligned}$$

Tabel sidik ragam Nitrat (ppm)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	0,006	0,0020	0,37 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACA K	8	0,043	0,0053			
TOTAL	11	0,049				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Lampiran 10. Data rata-rata nilai TOM (ppm) selama penelitian

Data kualitas air TOM (ppm)

Perlakuan	26 April 11 (H-10)	6 Mei 11 (H-20)	6 Mie 11 (H-30)	Jumlah	Rata-rata
K1	18,32	10,11	6,32	34,75	11,58
K2	13,9	11,38	7,58	32,86	10,95
K3	24,65	12	13,27	49,92	16,64
A1	6,95	16,43	13,9	37,28	12,43
A2	22,75	14,54	5,05	42,34	14,11
A3	13,9	10,11	3,79	27,8	9,27
B1	5,05	13,27	13,27	31,59	10,53
B2	18,33	10,11	11,37	39,81	13,27
B3	2465	13,9	5,68	44,23	14,74
C1	20,85	12	10,74	43,59	14,53
C2	19,59	13,9	6,95	40,44	13,48
C3	8,22	13,9	14,53	36,65	12,21

Nilai Rata-rata Tom (ppm) selama penelitian

Waktu (Hari)	K	A	B	C
10	18,95	14,53	16,01	16,22
20	11,16	13,69	12,43	13,27
30	9,05	7,58	10,01	10,74

Data rata-rata TOM (ppm)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Konrol	11,58	10,95	16,64	39,17	13,0567
Kangkung 59%	12,43	14,11	9,27	35,81	11,9367
Sawi 50%	10,53	13,27	14,74	38,54	12,8467
Kangkung:sawi (25%:25%)	14,53	13,48	12,21	40,22	13,4067
Total				153,74	

Lampiran 10. (Lanjutan)

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{153,74^2}{12} \\ = 1969,6656$$

$$\text{JK Total} = K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ = 11,58^2 + 10,95^2 + 16,64^2 + \dots + 12,21^2 - 1969,6656 \\ = 46,909567$$

$$\text{JK Perlakuan} = \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ = \frac{(39,17)^2}{3} + \frac{(35,81)^2}{3} + \frac{(38,54)^2}{3} + \frac{(40,22)^2}{3} - 1969,6656 \\ = 3,5427$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ = 46,909567 - 3,5427 \\ = 43,366867$$

Tabel sidik ragam TOM (ppm)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	3,5427	1,1809	0,21784 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACA K	8	43,37	5,42088			
TOTAL	11	46,91				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Lampiran 11. Data rata-rata nilai CO₂ (ppm)

Data kualitas air CO₂ (ppm)

Perlakuan	26 April 11 (H-10)	6 Mei 11 (H-20)	6 Mei 11 (H-30)	Jumlah	Rata-rata
K1	31,96	15,98	7,99	55,93	18,64
K2	23,97	19,97	7,99	51,93	17,31
K3	55,93	15,98	11,98	83,89	27,96
A1	11,98	15,98	15,98	43,94	14,64
A2	15,98	23,97	15,98	55,93	18,64
A3	39,95	19,97	7,99	67,91	22,64
B1	31,96	19,97	7,99	59,92	19,97
B2	47,94	15,98	15,98	79,9	26,63
B3	19,98	35,96	11,98	67,92	22,64
C1	31,96	27,96	7,99	67,91	22,64
C2	31,96	11,98	11,98	55,92	18,64
C3	15,98	15,98	11,98	43,94	14,65

Nilai Rata-rata CO₂ (ppm) selama penelitian

Waktu (Hari)	K	A	B	C
H-10	37,28	22,63	33,29	26,63
H-20	17,31	19,97	23,97	18,64
H-30	9,32	13,32	11,98	10,65

Data rata-rata CO₂ (ppm)

Perlakuan	Ulangan			Total	Rata-rata
	1	2	3		
Kontrol	18,64	17,31	27,96	63,91	21,3033
Kangkung 50%	14,64	18,64	22,64	55,92	18,64
Sawi 50%	19,97	26,63	22,64	69,24	23,08
Kangkung:Sawo (25%:25%)	22,64	18,64	14,65	55,93	18,6433
Total				245	

Lampiran 11.(Lanjutan)

Perhitungan Jumlah Kuadrat (JK) :

$$\text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{G^2}{n} = \frac{245^2}{12} \\ = 5002,083$$

$$\text{JK Total} = K1^2 + K2^2 + K3^2 + \dots + C3^2 - FK \\ = 18,64^2 + 17,31^2 + 27,96^2 + \dots + 14,65^2 - 5002,083 \\ = 196,281$$

$$\text{JK Perlakuan} = \frac{(\sum K)^2}{r} + \frac{(\sum A)^2}{r} + \frac{(\sum B)^2}{r} + \frac{(\sum C)^2}{r} - FK \\ = \frac{(63,91)^2}{3} + \frac{(55,92)^2}{3} + \frac{(69,24)^2}{3} + \frac{(55,93)^2}{3} - 5002,083 \\ = 42,5423$$

$$\text{JK Acak} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan} \\ = 196,281 - 42,5423 \\ = 153,739$$

Tabel sidik ragam CO₂ (ppm)

SK	db	JK	KT	F hitung	5%	1%
PERLAKUAN	3	42,5423	14,1808	0,73791 ^{ns}	4,07%	7,59%
ACA K	8	153,74	19,2174			
TOTAL	11	196,28				

ns : Tidak berbeda nyata

Karena F hitung < tabel 5%, maka dapat dikatakan bahwa pengaruh budidaya sistem akuaponik dengan tanaman yang berbeda tidak memberikan pengaruh. Sehingga perhitungan tidak di lanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).